



TESIS - RE142541

**PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN ECENG
GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*) DAN
KOTORAN AYAM**

**MUHAMMAD ABRAR FIRDAUSY
3314201002**

**Dosen Pembimbing
Dr.Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.**

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



TESIS - RE142541

**BIOGAS PRODUCTION OF MIXED WATER
HYACINTH (*EICHORNIA CRASSIPES*) AND
CHICKEN MANURE.**

**MUHAMMAD ABRAR FIRDAUSY
3314201002**

**SUPERVISOR
Dr.Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.**

**MASTER PROGRAME
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh :
Muhammad Abrar Firdausy
NRP. 3314201002

Tanggal Ujian : 28 Juni 2016
Periode Wisuda : September 2016

Disetujui Oleh :

- 
1. Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT (Pembimbing I)
NIP : 195602041992032001
- 
2. I D A A Warmadewanthi, ST, MT, Ph.D (Penguji)
NIP : 197502121999032001
- 
3. Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, M.Phil, Ph.D (Penguji)
NIP : 198208042005011001
- 
4. Dr. Ir. Agus Slamet, MSc (Penguji)
NIP : 195908111987011001

Direktur Program Pascasarjana,




Prof. Dr. Djanar Manfaat, MSc., PhD
NIP : 196012031987011001

PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN ECENG GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*) DAN KOTORAN AYAM.

Nama Mahasiswa : Muhammad Abrar Firdausy
NRP : 3314201002
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T

Abstrak

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) adalah jenis tumbuhan air yang dianggap sebagai gulma, menyebabkan eutrofikasi dan pendangkalan badan air. Eceng gondok memiliki potensi untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan yang digunakan untuk menghasilkan biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa selulosa dan lignin yang menjadikan biomassa ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas. Kandungan ligninoseululosa akan menjadikan pengolahan eceng gondok menjadi biogas berjalan lambat. Oleh sebab itu diperlukan pretreatment dan penambahan kotoran ayam untuk mempercepat proses pembentukan biogas. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi, perlakuan pretreatment dan tanpa pretreatment dan total solid terhadap volume biogas yang dihasilkan

. Penelitian ini menggunakan reaktor biogas berupa galon volume 6 liter dengan metode batch selama 30 hari. Perbandingan komposisi eceng gondok segar dan kotoran ayam potong sebesar (90:10, 70:30 dan 50:50 %w/w). Perbandingan total solid dan air sebesar (10:90 dan 30:70 %v/v). Pretreatment eceng gondok dilakukan dengan perendaman selama 5 hari pada suhu ruangan menggunakan NaOH 3%. Pengukuran volume biogas dengan menghitung kenaikan pada manometer. Pengukuran kadar metan pada biogas dilakukan dengan menggunakan Gas Chromatography (GC) Hewlett Packard (HP-series 6890) pada hari ke 15 dan hari ke 30.

Perlakuan pretreatment dengan *total solid* 10% pada komposisi 70:30 (%w/w) menghasilkan volume biogas tertinggi sebanyak 439 ml. Perlakuan tanpa pretreatment dengan total solid komposisi 70:30 % (w/w) menghasilkan volume biogas tertinggi sebanyak 366 ml. Perlakuan pretreatment dengan *total solid* 30% pada komposisi 50:50 (%w/w) menghasilkan volume biogas tertinggi sebanyak 242 ml. Perlakuan tanpa pretreatment dengan *total solid* 30% pada komposisi 70:30 (%w/w) menghasilkan volume biogas tertinggi sebanyak 97 ml.

Kata Kunci: Biogas, Eceng Gondok, Kotoran Ayam, *Pretreatment*, *Total Solid*

BIOGAS PRODUCTION OF MIXED WATER HYACINTH (*EICHORNIA CRASSIPES*) AND CHICKEN MANURE.

Nama Mahasiswa : Muhammad Abrar Firdausy
NRP : 3314201002
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T

Abstract

Water hyacinth (*Eichornia crassipes*) is an aquatic plant species that considered as weeds, lead to eutrophication and silting of the river. Water hyacinth has the potential to be used as a renewable energy source to produce biogas, because it has content of hemicellulose, cellulose and lignin. The content ligninoseululosa will make slow the processing of water hyacinth to biogas. Therefore, it need to be pretreatment and addition of chicken manure to speed up the formation of biogas. The purposes of this study were to determine the effect of composition, pretreatment and total solid to volume biogas produced.

This study uses gallons with 6 liter capacity as biogas reactor and used batch method for 30 days. Comparison of the composition of fresh water hyacinth and chicken manure (90:10, 70:30 and 50:50 %w/w). Comparison of total solid and water (10:90 and 30:70 %v/v). Water hyacinth pretreatment is soaking use NaOH 3% for 5 days at room temperature. Biogas volume measurement by calculating increase in the manometer. Measurement the methane rate of the biogas using Gas Chromatography (GC) Hewlett Packard (HP-series 6890) on the 15th and 30th day.

The highest volume of biogas with pretreatment and total solid 10% on the composition 70:30 (%w/w) was 439 ml. The highest volume of biogas without pretreatment on the composition 70:30 (%w/w) was 366 ml. The highest volume of biogas with pretreatment and total solid 30% on the composition 50:50 (%w/w) was 242 ml. The highest volume of biogas with pretreatment and total solid 30% on the composition 70:30 (%w/w) was 97 ml.

Keyword : Biogas, Chicken Manure, Pretreatment, Total Solid, Water Hyacinth

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Biogas	5
2.2 Bahan Baku Pembuatan Biogas	5
2.3 Eceng Gondok	5
2.4 Kotoran Ayam	6
2.5 Proses Anaerob Pembentukan Biogas	7
2.6 <i>Pretreatment</i> Eceng Gondok	9
2.7 Parameter Pembuatan Biogas	12
2.7.1 Pengaruh Suhu terhadap Pembentukan Biogas	12
2.7.2 Pengaruh pH terhadap Pembentukan Biogas	13
2.7.3 Pengaruh Rasio C/N terhadap Pembentukan Biogas	14
2.7.4 Pengaruh <i>Total Solid</i> dan <i>Total Volatile Solid</i> terhadap Pembentukan Biogas	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Ide Penelitian	17
3.2 Tahap penelitian	19
3.2.1 Ide Penelitian	19
3.2.2 Rumusan Masalah	19
3.2.3 Studi Pustaka	19
3.2.4 Alat dan Bahan	19

3.2.5	Penentuan Komposisi Campuran Bahan	21
3.2.6	Variabel Penelitian	22
3.2.7	Tahapan Persiapan	23
3.2.8	Tahap <i>Pretreatment</i>	23
3.2.9	Tahap Pembuatan Biogas	24
3.2.10	Analisis Data	26
3.2.11	Hasil dan Pembahasan	26
3.2.12	Kesimpulan	26
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Umum	27
4.2	Karakteristik Bahan Baku	27
4.3	Kondisi Suhu Selama Pembentukan Biogas	29
4.3.1	Kondisi Suhu Selama Proses Pembentukan Gas Pada <i>Total solid 10%</i>	30
4.3.2	Kondisi Suhu Selama Proses Pembentukan Gas Pada <i>Total solid 30%</i>	33
4.4	Kondisi Derajat Keasaman Selama Pembentukan Biogas	35
4.4.1	Kondisi pH Selama Proses Pembentukan Gas Pada <i>Total solid 10%</i>	36
4.4.2	Kondisi pH Selama Proses Pembentukan Gas Pada <i>Total solid 30%</i>	38
4.5	Kondisi <i>Volatile solid</i>	40
4.5.1	<i>Biodegradable Volatile solid</i> yang Terdapat Di Dalam <i>Volatile solid</i>	40
4.5.2	<i>Refractory Volatile Solid</i> yang Terdapat Di Dalam <i>Volatile Solid</i>	42
4.5.3	Pengaruh <i>Volatile solid</i> Terhadap Pembentukan Biogas	43
4.5.4	Laju Penurunan <i>Volatile solid</i> Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 10%</i>	49
4.5.5	Laju Penurunan <i>Volatile solid</i> Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 30%</i>	52
4.5.6	Laju Penurunan <i>Volatile solid</i> Terbaik Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 30%</i>	55
4.6	Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Pembentukan Gas	56

4.7	Pengaruh Pretreatment Bahan Terhadap Pembentukan Gas	59
4.8	Pengaruh Total Solid Terhadap Pembentukan Gas	61
4.9	Pengaruh Komposisi, <i>Pretreatment</i> dan <i>Total solid</i> Terhadap Pembentukan Gas	64
4.10	Pengaruh Pembentukan Biogas Terhadap Kadar Metan	68
4.11	Pemanfaatan Residu Substrat dari Pengolahan Biogas	70
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		73
DAFTAR PUSTAKA		75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tahapan pada pengolahan substrat organik secara anaerob	9
Gambar 2.2	Skema Tujuan Pretreatment pada Biomassa Lignoselulosa	11
Gambar 2.3	Mekanisme Pemutusan Ikatan Rantai Lignin dan Selulosa menggunakan larutan NaOH	13
Gambar 3.1	Kerangka Pemikiran Penelitian	18
Gambar 3.2	Detail Reaktor Biogas	20
Gambar 4.1	Kondisi Suhu Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 10%</i>	31
Gambar 4.2	Kondisi Suhu Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 30%</i>	34
Gambar 4.3	Kondisi pH Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 10%</i>	37
Gambar 4.4	Kondisi pH Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 30%</i>	39
Gambar 4.5	Kondisi VS Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 10%</i>	45
Gambar 4.6	Kondisi VS Terhadap Pembentukan Biogas Pada <i>Total solid 30%</i>	47
Gambar 4.7	Kondisi VS Terhadap Pembentukan Biogas Terbaik	48
Gambar 4.8	Laju Penurunan <i>Volatile solid</i> Pada Reaktor Dengan <i>Total solid 10%</i>	50
Gambar 4.9	Laju Penurunan <i>Volatile solid</i> Pada Reaktor Dengan <i>Total solid 30%</i>	53
Gambar 4.10	Kondisi <i>Pretreatment</i> Terhadap Pembentukan Biogas	60
Gambar 4.11	Kondisi <i>Total Solid</i> Terhadap Pembentukan Biogas	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Pretreatment</i> , Deskripsi, Kekurangan, dan Kelebihan	12
Tabel 3.1	Komposisi bahan campuran pembuatan biogas	21
Tabel 3.2	Variabel Penelitian	22
Tabel 3.3	<i>Pretreatment</i> Eceng Gondok Dengan NaOH	24
Tabel 3.4	Komposisi berat campuran eceng gondok, kotoran ayam dan air	25
Tabel 4.1	Analisis awal bahan baku	27
Tabel 4.2	Ratio C/N Pada Tiap Reaktor	28
Tabel 4.3	<i>Biodegradable Volatile solid</i> yang Terdapat Di Dalam <i>Volatile solid</i>	40
Tabel 4.3	<i>Refractory Volatile solid</i> yang Terdapat Di Dalam <i>Volatile solid</i>	42
Tabel 4.5	Persentase Penurunan <i>Volatile solid</i>	44
Tabel 4.6	Laju Penurunan <i>Volatile solid</i> Pada Reaktor Dengan <i>Total solid</i> 10%	49
Tabel 4.7	Laju Penurunan <i>Volatile solid</i> Pada Reaktor Dengan <i>Total solid</i> 30%	52
Tabel 4.8	Laju Penurunan Volatile Solid Terbaik	55
Tabel 4.9	Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Pembentukan Biogas	57
Tabel 4.10	Pengaruh Variabel Terhadap Pembentukan Biogas	64
Tabel 4.11	Pengaruh Nilai Signifikasi Variasi Pada Anova Terhadap Pembentukan Biogas	65
Tabel 4.12	Pembentukan Biogas dan Kadar Metan	68

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) adalah jenis tumbuhan air yang mengapung. Eceng gondok dianggap sebagai gulma perairan yang pertumbuhannya sangat cepat dan pertumbuhannya dapat mencapai 1.9% per hari (Yonathan dkk., 2013). Menurut Fackler (2014) eceng gondok dapat melipatgandakan populasinya dalam dua minggu. Eceng gondok juga menghabiskan oksigen dan nutrient di badan air dengan cepat (Kunatsa dan Mufundirwa, 2013). Eceng gondok dapat mempercepat pendangkalan sungai atau danau karena pada saat musim kemarau dapat menyusutkan air 3 kali lipat, mempersempit saluran irigasi karena pada saat musim hujan eceng gondok tumbuh sangat cepat sehingga menutupi permukaan air (Kwartiningsih dkk., 2010), dan menurunkan produksi ikan (Astuti, 2013). Hal itu menyebabkan sebagian badan air telah kehilangan fungsi utama sebagai penyedia air dan fungsi lainnya.

Eceng gondok memiliki potensi untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan yang digunakan untuk menghasilkan biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin yang menjadikan biomassa ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas (Yonathan dkk., 2013; Isani, 2014). Eceng gondok mengandung selulosa sebesar 25%, lignin 10% dan hemiselulosa 35% (Awatshi *et al.*, 2013). Lignoselulosa membentuk ikatan kovalen yang menghambat proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa. Untuk memecah kandungan lignoselulosa dapat dilakukan dengan *pretreatment*. *Pretreatment* dapat dilakukan secara kimia dengan perendaman menggunakan larutan NaOH. Menurut Singh *et al.*, (2012) *pretreatment* menggunakan NaOH dapat mengurangi kelarutan lignin tanpa mempengaruhi komponen lainnya, meningkatkan luas permukaan, dan dapat mematahkan ikatan antara lignin dan hemiselulosa.

Pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan pembuatan biogas terdapat beberapa kekurangan karena apabila hanya digunakan eceng gondok jumlah biogas dihasilkan sedikit dan waktu yang dihasilkan lama. Jadi perlukan

dilakukan pencampuran eceng gondok dengan starter dan pretreatment hidrolisis (Yonathan dkk., 2013). Kotoran ayam dicampurkan secara sengaja untuk mempercepat pembentukan biogas karena mengandung sisa pakan dan serat selulosa yang tidak dicerna, protein, karbohidrat, lemak dan senyawa organik lainnya. Protein pada kotoran ayam merupakan sumber nitrogen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme pengurai sebagai sumber nutrisi untuk pembentukan sel-sel tubuhnya. Berdasarkan data statistik dinas Provinsi Jawa Timur, pada tahun 2014 jumlah ayam petelur di kota Surabaya mencapai 1,7 juta ekor (www.disnak-jatimprov.go.id). Menurut Fontenot *et al.*, (1983) bahwa rata-rata produksi buangan segar ternak ayam adalah 0,06 kg/hari/ekor, dan kandungan bahan kering sebanyak 26%. Saat ini kotoran ayam penggunaanya terbatas untuk pakan ikan dan pembuatan kompos saja. Kotoran ayam yang berlimpah menjadikan potensi untuk diolah menjadi energi alternatif dengan membuat biogas.

Menurut Mallik *et al.*, (1990), kandungan nitrogen yang terdapat dalam kotoran ayam sebesar 1,79%, kandungan air sebesar 21,07% dan kandungan C/N kotoran ayam berkisar 11,77. Nitrogen bebas pada pengolahan biogas akan membentuk senyawa amoniak (NH_4) yang akan menurunkan rasio C/N yang berkisar antara 5-7,1. Oleh sebab itu penambahan bahan padatan/selulose yang mengandung karbon (C) berupa eceng gondok dapat meningkatkan kandungan rasio C/N pada kotoran ayam sehingga meningkatkan produksi biogas (Lutfianto, Mahajoeno, dan Sunarto, 2012).

Mikroba memanfaatkan bagian dari substrat untuk dijadikan produk biogas. Menurut Sudarno dkk., (2013), Aktivitas normal dari mikroba methan membutuhkan sekitar 90% air dan 7-10% *total solid* untuk fermentasi. Total padatan bahan baku isian biasanya ditambah dengan air dengan perbandingan tertentu. Penelitian mengenai pembuatan biogas dengan campuran eceng gondok dan kotoran ayam yang dipaparkan oleh Patil *et al.*, (2011), produksi biogas tertinggi diperoleh dari penyampuran padatan berupa kotoran ayam dan eceng gondok dengan perbandingan air 70% dan *total solid* 30%.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian dengan judul *Produksi Biogas dari Campuran Eceng Gondok (Eichornia crassipes) dan Kotoran Ayam* perlu dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang diteliti pada penelitian ini antara lain :

1. Berapa komposisi optimum antara eceng gondok dengan kotoran ayam yang menghasilkan volume biogas secara maksimal ?
2. Apakah ada perbedaan volume pembentukan biogas yang dilakukan dengan *pretreatment* dan tanpa *pretreatment* ?
3. Apakah ada pengaruh pembentukan biogas yang dilakukan dengan variasi *total solid* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain :

1. Menentukan komposisi optimum antara eceng gondok dengan kotoran ayam untuk menghasilkan volume biogas secara maksimal.
2. Menentukan perbedaan volume biogas yang dilakukan dengan variasi *total solid*.
3. Menentukan pengaruh *pretreatment* terhadap pembentukan biogas.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Bahan utama pembuatan biogas adalah komposisi campuran eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan kotoran ayam. Eceng gondok yang digunakan berasal dari kawasan perkampungan di sekitar kampus ITS Sukolilo Surabaya. Kotoran ayam yang digunakan berasal dari Pasar Keputeran.
2. Teknik pembuatan biogas adalah dengan metode anaerobic.
3. Reaktor pembuatan biogas berupa anaerobic digester tipe batch.
4. Variabel dalam penelitian ini adalah komposisi bahan, variasi *total solid* dan perlakuan *pretreatment*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Pengembangan ilmu pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat berperan dalam pengaplikasian ilmu lingkungan khususnya untuk penanggulangan populasi eceng gondok yang cepat serta pemanfaatan eceng gondok sebagai substrat pembuatan biogas.

2. Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat membantu mengatasi kebersihan badan air, dan membantu masyarakat untuk memperoleh sumber energi pengganti.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Biogas

Biogas adalah gas dihasilkan dari proses anaerobik yang bersumber dari hasil kotoran binatang, tanaman, limbah aktivitas manusia yang mengandung kadar metana (50 – 70%), karbon dioksida (20-40%), dan gas lainnya seperti amonia, hidrogen sulfida, dll (Al Imam *et al.*, 2013). Pembentukan gas metan berasal dari dekomposisi bahan organik yang dibantu beberapa mikroorganisme. Biogas adalah sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk produksi panas, listrik dan bahan bakar (Avcioglu, 2012). Biogas merupakan pemanfaatan teknologi untuk sumber energi alternatif terbarukan dan berkelanjutan.

2.2 Bahan Baku Pembuatan Biogas

Kadar biogas yang dihasilkan pada proses anaerob tergantung pada jenis bahan baku yang dimasukkan pada suatu reaktor. Bahan baku pembuatan biogas terdiri dari berbagai kegiatan dan industri (Wellinger dan Lindenberg, 2000). Bahan baku pembuatan biogas merupakan sumber energi non fosil berkelanjutan, yang pada umumnya berasal dari kotoran ternak (Haryati, 2006).

Menurut Wibono dkk., (2013) limbah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, limbah domestik, sampah biodegradable dapat menjadi bahan baku pembuatan biogas. Limbah peternakan berupa kotoran ternak dan sisa pakan, limbah pertanian berupa sisa panen dan tumbuhan yang mati, limbah organik cair dan padat dari aktivitas industri juga berpotensi dijadikan sebagai bahan pembuatan biogas.

2.3 Eceng Gondok

Eceng gondok mapu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan dan berkembang biak secara cepat sehingga dapat digolongkan menjadi gulma disuatu perairan. Perairan yang dangkal dan berair keruh merupakan habitat yang tepat

untuk eceng gondok (Gerbano dan Siregar, 2005). Eceng gondok dianggap berbahaya karena pertumbuhannya yang sangat cepat dan kepadatan petumbuhannya menjurus ke permasalahan serius menyangkut persoalan pendangkalan perairan (Malik, 2006). Eceng gondok mengandung lignoselulosa yang komposisi utamanya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi pada eceng gondok berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan bakar alternatif berupa biogas (Bergier, 2012).

Menurut penelitian yang dilakukan Pratiwi dkk. (2013) kandungan kimia pada eceng gondok segar dan kering terdapat perbedaan. Kandungan senyawa kimia yang terkandung pada eceng gondok segar adalah 92,6% air, 0,44% abu, 2,09% serat kasar, 0,17% karbohidrat, 0,35% lemak, 0,16% protein, 0,52%, P_2O_5 0,42%, K_2O 0,26% dan 2,22% alkanoid. Kandungan kimia eceng gondok kering yaitu 64,51% selulosa, 15,61% pentosa, 7,69% lignin, 5,56% silika dan 12% abu.

Eceng gondok dapat dimanfaatkan untuk membentuk biogas karena eceng gondok memiliki kandungan hemiselulosa yang cukup besar dibandingkan komponen organik tunggal lainnya. Hemiselulosa adalah polisakarida kompleks yang merupakan campuran polimer. Hemiselulosa dan selulosa saat dihidrolisis menghasilkan produk campuran turunan berupa senyawa sederhana yang disebut metan dan karbon dioksida. Pengolahan tersebut dengan menggunakan metode anaerobik (Ghosh *et al.*, 1984). Biogas dapat diproduksi hanya dari eceng gondok. Terdapat beberapa kekurangan apabila hanya eceng gondok saja yang digunakan karena jumlah biogas yang dihasilkan sedikit dan proses pengolahan berjalan lama (Yonathan, dkk, 2013).

2.4 Kotoran Ayam

Limbah peternakan ayam umumnya hanya digunakan sebagai pupuk secara langsung oleh peternak. Pemanfaatan lain yang bisa dilakukan adalah dengan memprosesnya menjadi sumber energi alternatif yang potensial dalam bentuk biogas. Umumnya, limbah kotoran hewan ternak memiliki rerata C/N rasio sekitar 24. Kandungan rasio C/N rendah menyebabkan nitrogen bersifat bebas dan akan membentuk senyawa amoniak (NH_4). Kandungan C/N kotoran ayam

berkisar 5-7,1, menyebabkan amoniak yang terbentuk tinggi dan jika diproses menjadi biogas memerlukan waktu yang relatif lama dan hasilnya tidak optimal. Penambahan bahan padatan/selulose yang mengandung karbon (C) berupa sampah organik seperti jerami, enceng gondok atau sisa daun/serasah dapat menyeimbangkan rasio C/N dan dapat meningkatkan produksi biogas(Luthfianto, dkk, 2012).

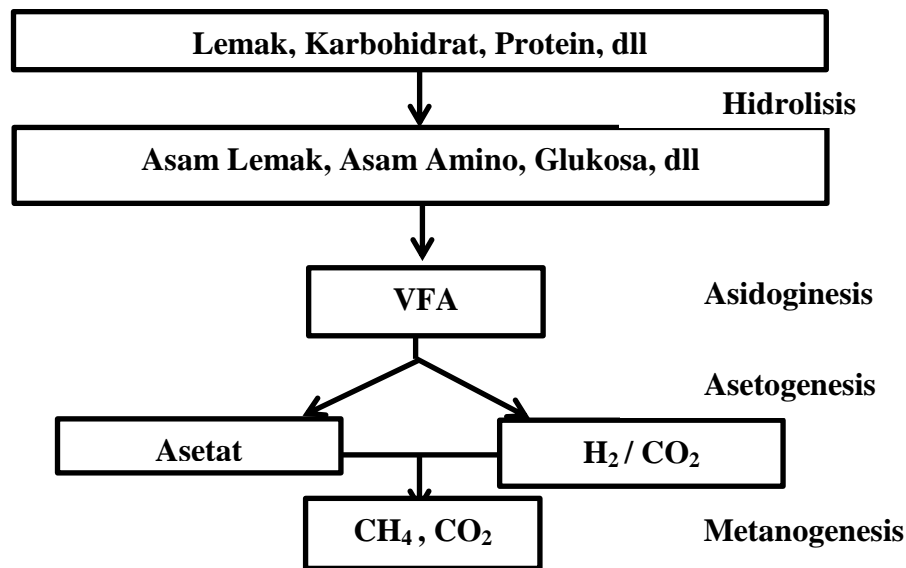
Rata-rata kotoran ayam potong yang dihasilkan tiap ekor sebanyak 0,15 kg (Fauziah, 2009). Menurut Fontenot *et al.*, (1983) bahwa rata-rata produksi buangan segar ternak ayam petelur adalah 0,06 kg/hari/ekor, dan kandungan bahan kering sebanyak 26%, sedangkan dari pemeliharaan ayam pedaging kotoran yang dikeluarkan sebanyak 0,1 kg/hari/ekor dan kandungan bahan keringnya 25%. Produk samping usaha peternakan ayam berupa kotoran ayam dan serta sisa air buangan. Kotoran ayam terdiri dari sisa-sisa pakan dan serat selulosa yang sulit tercerna, namun mengandung protein, karbohidrat, lemak dan senyawa organik lainnya. Protein pada kotoran ayam merupakan sumber nitrogen baik dalam bentuk nitrogen organik atau nitrogen anorganik. Penumpukan unsur nitrogen dan sulfida yang terkandung dalam kotoran ayam terjadi dalam proses anaerob atau aerob yang dapat mempengaruhi proses pembentukan biogas (Mahajoeno dkk., 2012).

Dari penelitian yang dilakuan Oyewole (2010), pada kotoran ayam potong ditemukan beberapa bakteri pembentuk asam yaitu *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* dan bakteri pembentuk metan yaitu *Methanobacterium sp* and *Methanococcus sp*. Beberapa bakteri tersebut membantu dalam proses degradasi substrak untuk pembentukan biogas.

2.5 Proses Anaerob Pembentukan Biogas

Menurut Zhang L dan Jahng D (2012) limbah tidak hanya mengandung bahan organik, tetapi juga berisi berbagai kandungan lain. Pengolahan secara anaerobik limbah telah menjadi bidang penelitian yang intensif, karena bahan organik dalam limbah cocok untuk pertumbuhan mikroba anaerob. Selama proses anaerobik, limbah organik terdegradasi secara biologis dan diubah menjadi

biogas. Proses biodegradasi mencakup empat langkah yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis (Appels *et al.*, 2011). Berbeda dari Appels *et al.*, (2012), menurut Molino *et al.*, (2013) pengolahan secara anaerobik dari sampah organik dapat dibagi menjadi tiga langkah yaitu hidrolisis, asetogenesis dan metanogenesis, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2.1. Tahapan pada pengolahan substrat organik secara anaerob

Sumber : Zhang *et al.*, 2014

Banyak langkah yang terlibat dalam pengolahan secara anaerobik, tetapi proses biodegradasi dari kedua pendekatan tersebut serupa. Pertama, merupakan bahan yang memiliki molekul tinggi dan terdapat substrat organik (misalnya, lemak dan karbohidrat, protein) yang dihidrolisis oleh bakteri fermentasi menjadi bahan bermolekul kecil dan substrat organik (misalnya, asam lemak dan glukosa, asam amino). Proses tersebut terjadi pada fase hidrolisis. Umumnya, hidrolisis dianggap sebagai langkah pembatas dalam pengolahan limbah padat organik secara anaerobik, karena enzim hidrolitik teradsorpsi pada permukaan substrat padat (Coelho *et al.*, 2011). Kedua, bahan yang memiliki molekul kecil dan substrat organik akan terdegradasi menjadi asam lemak volatil (misalnya, asetat, propionat dan butirrat) bersama dengan produk turunannya (misalnya, NH_3 , H_2S dan CO_2). Proses tersebut terjadi pada fase asidogenesis. Ketiga, substrat organik

yang dihasilkan dari langkah kedua selanjutnya dicerna menjadi asetat, H_2 , CO_2 and sebagainya, yang dapat digunakan oleh bakteri metanogen untuk produksi metan. Proses tersebut terjadi pada fase asetogenesis.

Menurut Appels *et al.*, (2012) pada fase metanogenesis, gas metan dapat diperoleh dengan dua kelompok bakteri metanogen : satu kelompok menggunakan asetat untuk produksi metana, dan kelompok lain menggunakan H_2 / CO_2 . Selain asetat dan H_2 / CO_2 , format, carbinol dan CO juga bisa diubah menjadi metana. Selama proses pembentukan metana, co-enzim M dan F420 memainkan peran penting dalam transformasi ukuran dan CO. Bentuk dan CO yang pertama diubah menjadi CO_2 oleh F420, dan kemudian CO_2 berkurang menjadi CH_4 bersama dengan aksi co-enzim M. Selain itu, co-enzim M juga memainkan peran penting dalam transformasi asetat dan carbinol. Saat *volatile fatty acids* (VFA) menjadi produk utama selama proses pengolahan anaerobik, sebagian besar metana diproduksi melalui rute asetat.

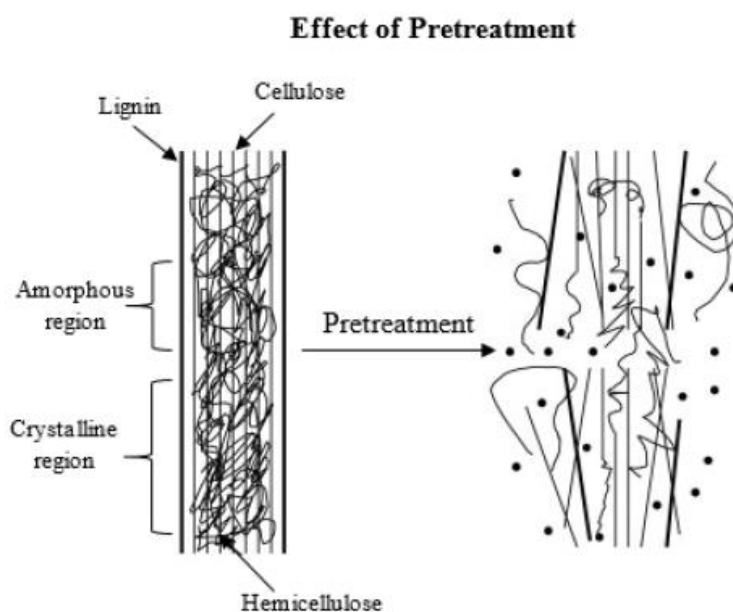
Pengolahan secara anaerobik adalah proses kompleks yang harus secara bersamaan mencerna semua substrat organik (misalnya, karbohidrat dan protein) dalam satu tahap. Hal ini diatur oleh parameter kunci yang berbeda seperti suhu, pH, amonia, nutrisi, unsur penyusutan, dan lain-lain seperti nutrisi, keseimbangan unsur, dan lingkungan yang stabil diperlukan untuk pertumbuhan mikroba. Sangat penting untuk mempertahankan parameter kunci dalam kisaran yang tepat untuk operasi jangka panjang pada pengolahan secara anaerobik (Zhang *et al.*, 2014).

2.6 Pretreatment Eceng Gondok

Biogas dapat dibuat dengan menggunakan eceng gondok, tetapi keberadaan lignoselulosa menjadi kendala dalam pengolahan eceng gondok menjadi biogas. Eceng gondok mengandung lignoselulosa yang didalamnya terdapat lignin, hemiselulosa dan selulosa. Struktur lignin dan hemiselulosa sulit diuraikan bakteri dalam kondisi anaerobik sehingga akan menurunkan hasil biogas. Selain itu lignin dapat membentuk buih dan penumpukan materi (*scum problem*) pada pembentukan biogas (Stensom, 1981). Oleh karena itu perlu dilakukan *pretreatment* untuk mereduksi kristal selulosa, meningkatkan porositas

bahan, menambah luas permukaan dan menguraikan *lignin* dan *hemiselulosa* pada eceng gondok (Sun, 2002).

Pretreatment biasanya dibutuhkan untuk membantu hidrolisis enzimatis pada tahapan pembentukan biogas dan biasanya dilakukan pada substrat yang mengandung lignoselulosa. Lignin yang membungkus selulosa menjadikan penghalang bagi mikroorganisme untuk memproduksi enzim khususnya enzim selulase, sehingga untuk mengatasi permasalahan itu perlu dilakukan *pretreatment* (Amriani, 2012). *Pretreatment* terhadap substrat diharapkan dapat memecah hemiselulosa dan selulosa yang banyak terdapat pada substrat menjadi senyawa yang lebih sederhana. Terpecahnya polisakarida pada substrat menjadi monomer-monomer glukosa dapat mempercepat proses pembentukan biogas. Diharapkan dengan adanya perlakuan *pretreatment* ini dapat mempercepat dan memperbanyak produksi biogas dari eceng gondok ini (Saputri, 2010).



Gambar 2.2 Skema Tujuan *Pretreatment* pada Biomassa Lignoselulosa (Mosier *et al.*, 2005).

Proses *pretreatment* dikatakan berjalan efektif apabila :

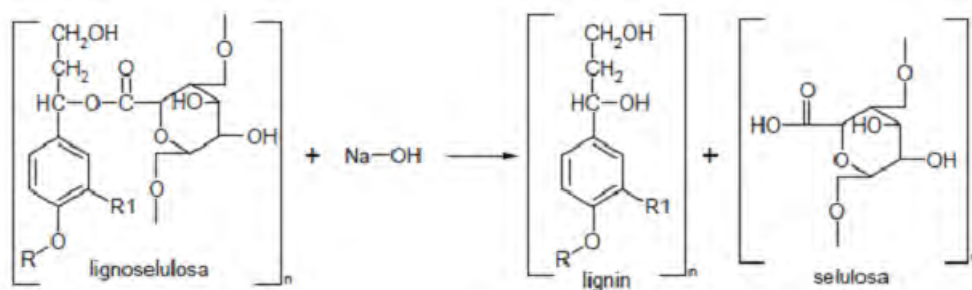
1. Keefektifan dalam memecah ukuran dan kondisi fisik biomassa.
2. Tetap menjaga keutuhan komponen tanpa terkonversi dalam bentuk lain.
3. Tidak menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Pretreatment dapat dilakukan secara fisik dan kimia, bahkan beberapa metode menggunakan kedua metode tersebut secara bersamaan (McMilan, 1994; Hsu, 1996). Pada tabel 2.1 dapat dilihat beberapa metode *pretreatment*.

Tabel 2.1 *Pretreatment*, Tujuan, Kekurangan, dan Kelebihan

Metode <i>Pretreatment</i>	Tujuan	Kekurangan / Kelebihan
a. Fisik	- Mengubah ukuran substrat Bentuk : kering, basah, pencacahan dan penggilingan	- Tidak banyak mendegradasi lignin - Efektif, mudah, dan murah.
b. Kimia	- Pelarutan menggunakan alkali berupa NaOH	- Dapat mengurangi kristalinitas selulosa - Melepas lignin dari selulosa dan melarutkan hemiselulosa.

Menurut Julfana (2012), *pretreatment* menggunakan NaOH lebih baik dalam mengekstraksi hemiselulosa. Hemiselulosa memiliki struktur amorf sehingga penggunaan NaOH dapat melarutkan lignin sekaligus mengekstraksi hemiselulosa secara bersamaan. Menurut Safaria (2013), penggunaan NaOH untuk *pretreatment* substrat dapat merusak struktur kristalin lignin dan memisahkan sebagian hemiselulosa pada substrat menjadi bentuk terlarut.



Gambar 2.3 Mekanisme pemutusan ikatan rantai lignin dan selulosa menggunakan larutan NaOH

Sumber : Zelly, 2014

Menurut Singh *et al.*, (2012) *pretreatment* menggunakan NaOH dapat mengurangi kadar lignin tanpa mempengaruhi komponen lainnya, meningkatkan luas permukaan, dan dapat mematahkan ikatan antara lignin dan hemiselulosa. Sun *et al.*, (1995) melakukan hidrolisis pada suhu ruangan dengan konsentrasi NaOH dan waktu *pretreatment* yang paling optimal adalah konsentrasi NaOH 1,5% dan waktu *pretreatment* selama 144 jam. Pada kombinasi perlakuan tersebut, lebih dari 80% kandungan hemiselulosa dapat dilarutkan dan hampir 60% lignin dapat dihilangkan. Kelarutan hemiselulosa dan lignin meningkat dari 37.4% menjadi 82.6% dan dari 2.9% menjadi 59.2%.

2.7 Parameter Pembuatan Biogas

Pada produksi biogas sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain : temperatur, pH, ratio C/N, pengenceran dan pengadukan.

2.7.1 Pengaruh Suhu Pada Pembentukan Biogas

Proses anaerobik dapat berjalan pada temperatur psycrofilik yaitu suhu dibawah 25°C, mesofilik 25°C-45°C dan termofilik 45°C-60°C. Kestabilan temperatur menentukan proses pembentukan biogas. Temperatur pengolahan dipilih dengan pertimbangan. Temperatur termofilik menunjukkan hasil lebih baik dalam pembentukan biogas maupun penguraian zat-zat organik (Hadi *et al.*, 2008).

Suhu merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi pengolahan mempengaruhi aktivitas enzim, co-enzim, hasil metana dan kualitas metan pada proses pengolahan biogas. Kinerja pengolahan secara anaerobik akan meningkat sesuai dengan temperatur yang meningkat, pada fase termofilik dengan tingkat metabolisme yang lebih tinggi dengan tingkat pertumbuhan bakteri spesifik yang lebih tinggi, sehingga mengakibatkan kematian bakteri patogen bersama dengan tingginya suhu dan meningkatnya produksi biogas. Pada fase termofilik kurang mengalami penghambatan oleh akumulasi amonia daripada fase mesofilik. Menurut Wei *et al.*, (2010) produksi biogas pada kondisi termofilik (55°C) dua kali lipat lebih banyak dari kondisi psychrophilic (15°C). Terlebih lagi, tingkat degradasi nitrogen organik dan asimilasi fosfor juga meningkat dengan suhu. Termodinamika menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi berguna untuk reaksi

endergonik (misalnya, pemecahan propionat menjadi asetat, CO₂, H₂), tetapi tidak menguntungkan untuk reaksi eksergonik seperti reaksi *hydrogenotrophic* dan metanogenesis. Selanjutnya, suhu juga bisa mempengaruhi pemisahan padatan yang ditunjukkan kondisi termofilik lebih baik dari kondisi psychrofilik (Kaparaju dan Angelidaki, 2008).

Meskipun beberapa keuntungan yang diamati di bawah kondisi termofilik, beberapa kelemahan yang layak dipertimbangkan karena proses termofilik lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan dari proses mesofilik. Kegagalan proses dapat diperoleh ketika tingkat perubahan suhu perubahan 1°C / hari, dan perubahan suhu harus kurang dari 0.6°C / hari untuk menjaga pengolahan tetap stabil (Appels *et al.*, 2011). Selain itu, penelitian terbaru menemukan bahwa tingkat keseluruhan solubilisasi dari limbah makanan secara signifikan lebih rendah pada kondisi termofilik (55°C dan 65°C) daripada kondisi mesofilik (Komemoto, 2009).

2.7.2 Pengaruh pH Pada Pembentukan Biogas

pH yang juga merupakan salah satu parameter yang paling penting yang mempengaruhi pengolahan secara anaerob. Bakteri anaerob perlu rentang pH yang berbeda untuk pertumbuhan mereka, misalnya, pH komprehensif berkisar antara 4,0-8,5 diperlukan oleh bakteri fermentasi sementara rentang dari 6,5-7,2 menguntungkan bagi pertumbuhan metanogen. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa VFAs dapat secara signifikan mempengaruhi pH pada pengolahan secara anaerobik: pada pH rendah VFAs berupa asam asetat dan butirat, sedangkan asam asetat dan propionat memainkan peran dominan ketika pada pH 8,0. Selain itu, kedua jenis bakteri penghasil asam dan jumlah bakteri dapat dikendalikan dengan mengontrol pH (Appels *et al.*, 2011).

Tingkat pH memberikan pengaruh terhadap aktivitas enzim di dalam mikroorganisme, setiap enzim hanya dapat aktif pada rentang pH tertentu dan mempunyai aktivitas maksimum pada pH optimal. Setiap kelompok mikroorganisme mempunyai perbedaan rentang pH optimal. *Methanogenic archaea* dapat berfungsi dalam batas interval dari 5,5-8,5 dengan range

optimal 6,5-8,0. Bakteri fermentatif dapat berfungsi pada rentang yang luas dari 8,5 menurun hingga pH 4 (Boe, 2006).

Untuk mendapatkan kondisi optimum pada produksi biogas, dimana bakteri yang berperan adalah penghasil metan, nilai pH untuk campuran di dalam digester harus diantara 6 dan 7. Setelah proses pembentukan asam yang terjadi, tahap selanjutnya terjadi proses stabilisasi pH larutan pada proses anaerob, nilai pH akhir harus diantara 7,2 dan 8,2. Asam organik yang dihasilkan pada proses hidrolisis akan banyak terbentuk saat awal pembentukan biogas, pH di dalam digester mungkin menurun sampai 5. Saat konsentrasi asam volatil yang terbentuk pada digester tinggi, proses pembentukan metan akan terhambat bahkan terhenti. pH yang rendah (dibawah 6,5) akan bersifat racun pada bakteri metanogenik (Ozmen, 2014).

2.7.3 Pengaruh Rasio C/N Pada Pembentukan Biogas

Kinerja pengolahan limbah secara anaerob secara signifikan dipengaruhi oleh C/N ratio. Rasio C/N optimum diperlukan untuk keseimbangan nutrisi yang diperlukan oleh bakteri anaerob untuk pertumbuhan mereka serta untuk menjaga lingkungan yang stabil. Umumnya, rentang ratio C/N 20-30 dianggap sebagai kondisi optimum untuk pengolahan secara anaerobik. Wang *et al.*, (2012) menjelaskan bahwa potensi metan maksimum dapat dicapai pada rasio C/N 27,2, dengan pH yang stabil, konsentrasi amoniak yang rendah dan bebas NH_3 . Pada penelitian yang dilakukan Zeshan *et al.*, (2012) menyatakan bahwa pengolahan secara anaerobik baik dilakukan pada ratio C/N rasio 27 dari 32. Namun, studi terbaru menunjukkan bahwa pembentukan biogas berjalan dengan baik di rasio C/N rendah yang berkisar antara 15-20. Pada penelitian yang dilakukan Zhang (2013), menunjukkan bahwa ratio optimum C/N adalah 15,8 ketika pengolahan limbah makanan dengan kotoran ternak.

Temuan di atas menunjukkan bahwa ratio optimum C/N untuk pengolahan secara anaerob tergantung pada kedua bahan baku. Tidak peduli berapa tentang rasio C/N, keseimbangan yang tepat antara C dan N diperlukan untuk pengolahan yang efektif. Kadar karbon optimal memiliki efek positif untuk menghindari

penghambatan pembentukan amonia yang berlebihan. Studi terbaru menemukan bahwa VFA dapat membentuk sistem penyangga amonia, sehingga didapatkan hasil metana yang lebih tinggi. Oleh karena itu, penyesuaian rasio C/N yang dibutuhkan untuk pengolahan secara anaerobik dalam operasi jangka panjang (Zeshan *et al*, 2012).

2.7.4 Pengaruh *Total Solid* dan *Volatile Solid* Pada Pembentukan Biogas

Kadar air yang terkandung dalam bahan yang digunakan dalam proses pembentukan biogas harus tepat. Jika hasil biogas harus sesuai dengan persyaratan yang berlaku, maka bahan yang digunakan berbentuk kotoran diperlukan penambahan air. Air berperan sangat penting di dalam proses biologis. Penambahan air jangan terlalu banyak (berlebihan) juga jangan terlalu sedikit (kekurangan). Peletakan posisi *digester* dimungkinkan berpengaruh dalam proses biologis dan tekanan gas yang dihasilkan, dikarenakan adanya perbedaan luas permukaan *slurry* yang ada di dalam *digester* (Sholeh dkk, 2013).

Bakteri pembentuk metan membutuhkan sekitar 90% air dan 7-10% bahan kering dari bahan masukan untuk proses anaerob. Bahan baku isian berkisar 7-9% yang ditambah dengan air dengan perbandingan tertentu akan menghasilkan gas metan lebih banyak (Sudarno dkk., 2013). *Total solid* dan *total volatile solid* sangat berpengaruh terhadap produksi biogas. Semakin tinggi *total solid*, semakin tinggi pula hasil biogas yang dihasilkan. Konsentrasi total solid yang terlalu rendah akan mengakibatkan proses anaerob tidak berjalan optimum karena sumber nutrisi bakteri perombak kurang tersedia, akibatnya biogas yang dihasilkan menjadi sedikit. *Total volatile solid* menunjukkan jumlah bahan organik yang merupakan sumber nutrisi bagi bakteri anaerob. *Total volatile solid* digunakan bakteri menjadi biogas oleh bakteri anaerob. *Total volatile solid* merupakan bagian organik yang terdapat pada *total solid*. Penelitian yang dilakukan Felix dkk., (2012) *total solid* untuk menghasilkan biogas yang optimal adalah 8-10%. Reaktor dengan kapasitas 30 liter dapat menghasilkan biogas dari konsentrasi padatan rendah (*low solid*) sebesar 9% dengan sebanyak 6351 ml pada hari ke 35. Proses pembentukan biogas dengan kandungan padatan rendah (*low*

solid) akan berlangsung optimal pada konsentrasi total padatan dibawah dari 10%.

Penelitian mengenai proses anaerob pembuatan biogas dengan campuran eceng gondok dan kotoran ayam yang dipaparkan oleh Patil *et al* (2011), produksi biogas diperoleh dari penyampuran kotoran ayam dan eceng gondok pada digester yang dengan volume 250 ml. Eceng gondok memiliki kadar *volatile solid* (VS) sebesar 82,82 % dan kotoran ayam memiliki kadar *volatile solid* sebesar 83,47%. Eceng gondok dengan berat 4 gram, kotoran ayam dengan berat 18,87 gram dan dilakukan pengenceran substrat 77.13 gram. Konsentrasi padatan berbanding dengan air sebanyak 24% : 76%. Proses pembentukan biogas yang dilakukan dengan kandungan padatan tinggi (*high solid*) . Biogas terbentuk pada hari ke 5 sebanyak 0,015 l/g VS. Pembentukan biogas tertinggi terjadi di hari ke 30 sebanyak 0,39 l/g VS. Berdasarkan penelitian Patil *et al.*, (2012), campuran eceng gondok dan kotoran ayam sebagai substrat adalah 4 gram dan 25 gram. Dilakukan pengenceran substrat sebanyak 75 gram. Konsentrasi padatan berbanding dengan air sebanyak 28% : 72%. Dalam digester anaerob dihasilkan biogas tertinggi pada hari ke 55 yaitu sebanyak 0,36 l/g VS.

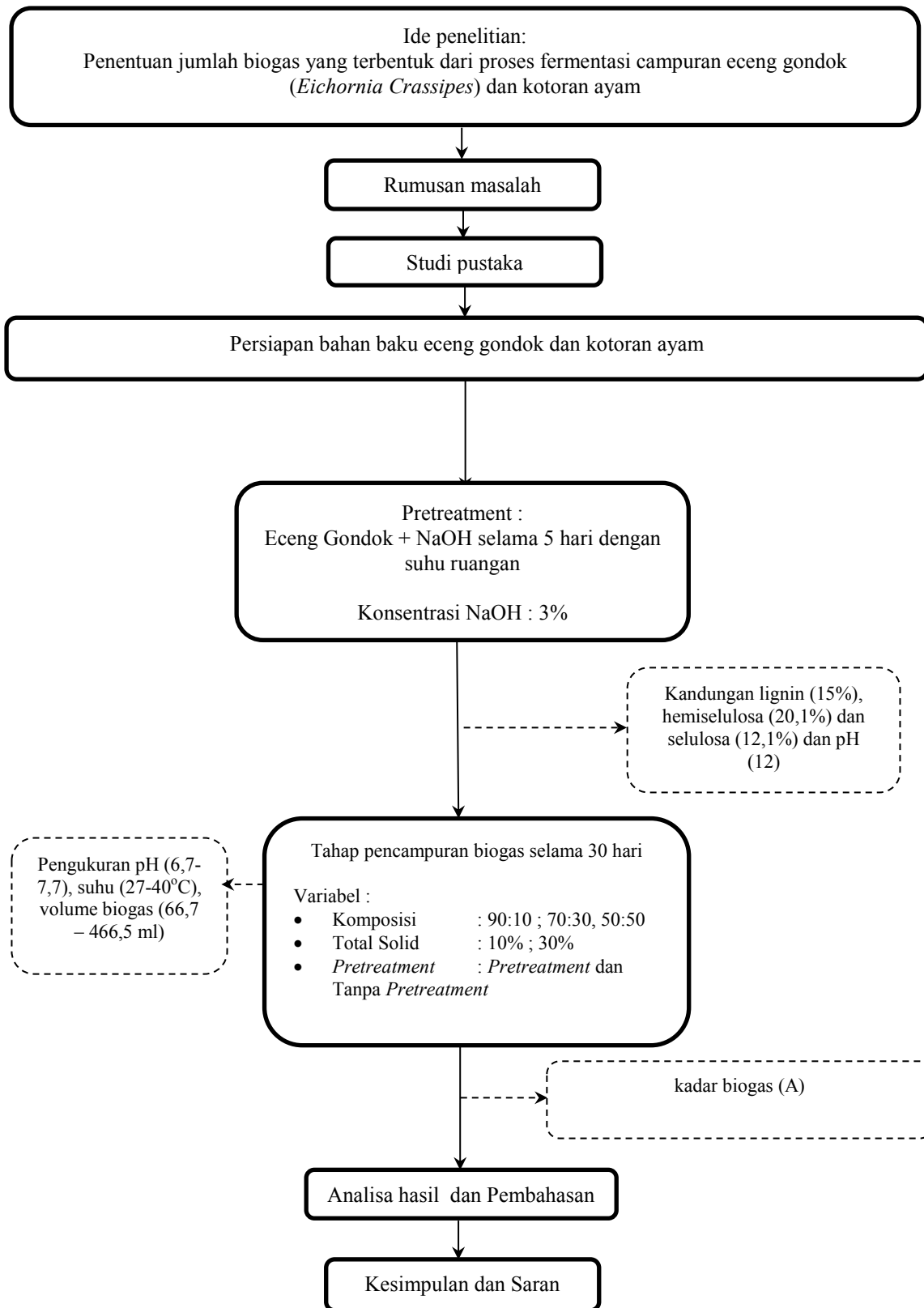
BAB 3

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mempunyai tujuan utama yaitu menentukan peran antara komposisi optimum antara eceng gondok dengan kotoran ayam yang menghasilkan volume biogas optimum. Pada penelitian ini juga ingin menganalisa pembentukan biogas dari eceng gondok dan kotoran ayam yang diberi *pretreatment* dan tanpa *pretreatment*. Oleh karena itu diperlukan rancangan penelitian yang tepat untuk memperoleh hasil penelitian yang baik. Rancangan penelitian merupakan acuan dalam melaksanakan penelitian, yang disusun berdasarkan pada pemikiran dengan adanya permasalahan dalam ide hingga mencapai tujuan penelitian. Skema kerja penelitian sesuai dengan metode yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.1 Ide Penelitian

Ide penelitian adalah untuk memanfaatkan eceng gondok dan limbah kotoran ayam untuk menghasilkan energi. Menurut Sun dan Cheng (2002) perlu dilakukan *pretreatment* dengan basa pada eceng gondok untuk menguraikan lignoselulosa menjadi lignin, selulosa dan hemiselulosa. Perlakuan *pretreatment* pada substrat akan menghasilkan gas metan yang lebih banyak, mempercepat proses degradasi bahan dan mempercepat pembentukan biogas. Setelah dilakukan *pretreatment* pada eceng gondok, dilakukan pencampuran dengan kotoran ayam. Pencampuran tersebut dilakukan dengan beberapa variasi komposisi dan dilakukan variasi *total solid*. Starter berupa kotoran ayam sengaja dicampurkan untuk mempercepat pembentukan biogas. Selanjutnya pengadukan dilakukan secara berkala agar terjadi pemerataan jumlah mikroba yang diberikan pada substrat pada pembuatan biogas. Hal ini merupakan proses penambahan biostarter yang memacu pembuatan biogas.



Gambar 3.1 Kerangka penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan - tahapan yang dilakukan pada penelitian tesis ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Ide Penelitian

3.2.2 Rumusan Masalah

Eceng gondok menimbulkan berbagai masalah, seperti penyebab penurunan fungsi suatu badan air yang mengakibatkan terjadinya eutrofikasi. Eceng gondok dapat dimanfaatkan dalam produksi biogas karena mempunyai kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pembuatan biogas merupakan pendekatan alternatif untuk menangani populasi eceng gondok yang cepat.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi optimum antara eceng gondok dengan kotoran ayam, perlakuan pengenceran dan perlakuan pengadukan reaktor untuk menghasilkan volume biogas secara maksimal.

3.2.3 Studi Pustaka

Pada studi pustaka menggunakan pendekatan–pendekatan teori dasar maupun hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Adapun sumber pustaka yang dipakai adalah penelitian disertasi, tesis, skripsi, buku teks, jurnal ilmiah, prosiding dan informasi dari berbagai sumber yang dapat digunakan dalam penelitian. Bacaan dan literatur yang akan digunakan dalam tesis ini meliputi pengetahuan tentang; biogas, eceng gondok, kotoran ayam, pengenceran dan pengadukan.

3.2.4 Alat dan Bahan

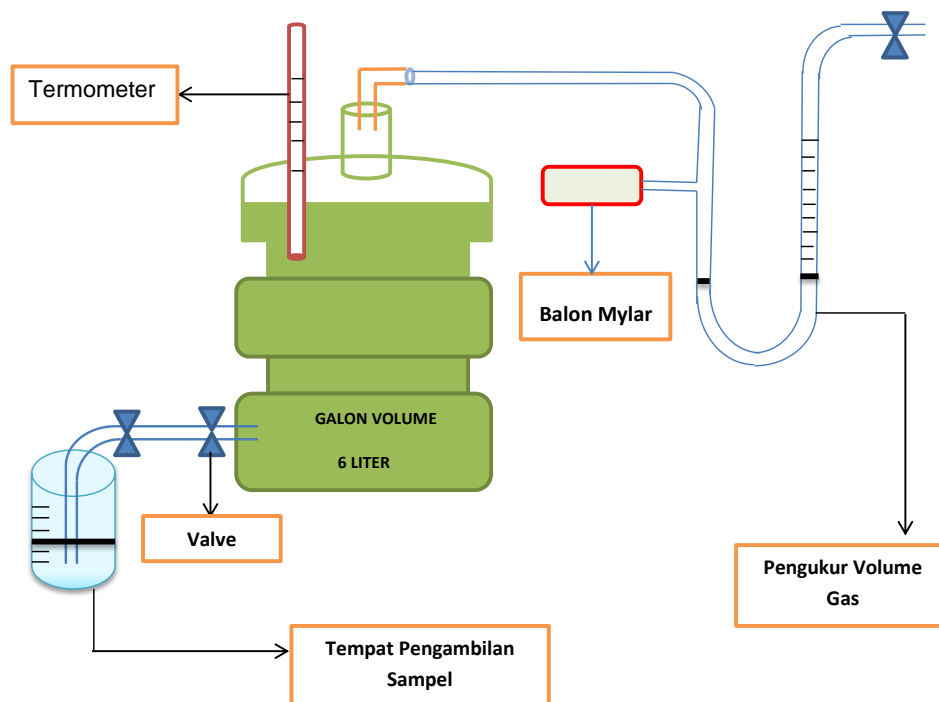
Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah

1. eceng gondok,
2. kotoran ayam,
3. air,

Alat-alat yang digunakan adalah

1. galon dengan kapasitas 6 liter,
2. valve air,
3. pipa pvc ukuran 1/2 inci,
4. selang pvc ukuran 1/2 inci,
5. termometer,
6. moisturemeter,
7. lem tembak,
8. lem pipa pvc dan
9. toples kaca.

Pada Gambar 3.2 dijelaskan detail reaktor yang akan dilakukan pada penelitian ini



Gambar 3.2 Detail Reaktor Biogas

3.2.5 Penentuan Komposisi Campuran Bahan

Untuk menghasilkan biogas yang optimum maka diperlukan penentuan campuran komposisi bahan. Komposisi campuran bahan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Komposisi bahan campuran pembuatan biogas

Material	C %	N %	Rasio C/N	Kadar Air %	Sumber
Eceng Gondok (segar)	44,44*	6,15*	7,23*	92,6**	*(Isani, 2014) **(Pratiwi,2013)
Kotoran Ayam	21,07*	1,79*	11,77*	33,5**	*(Mallik <i>et al.</i> , 1990) **(Chastian <i>et al.</i> , 2014)

A. Untuk 1 kg eceng gondok segar

Air : 1 kg (0,9260) = 0,9 kg
 Eceng Gondok Segar : 1 kg – 0,9 kg = 0,1 kg
 N : 0,1 kg (0,0615) = 0,006 kg
 C : 7,23 (0,006) = 0,05 kg

B. Untuk 1 kg kotoran ayam

Air : 1 kg (0,335) = 0,33 kg
 Kotoran Ayam : 1 kg – 0,33 kg = 0,67 kg
 N : 0,67 kg (0,0179) = 0,01 kg
 C : 11,77 (0,01) = 1,178 kg

Rasio C/N optimum yang dibutuhkan untuk fermentasi anerob berkisar antara 20-30. Campuran eceng gondok dan kotoran ayam untuk mendapatkan nilai rasio C/N sebesar 25.

$$C/N = 25 = \frac{C \text{ dalam } 1 \text{ kg Eceng Gondok} + x (C \text{ dalam } 1 \text{ kg Kotoran Ayam})}{N \text{ dalam } 1 \text{ kg Eceng Gondok} + x (N \text{ dalam } 1 \text{ kg Kotoran Ayam})} \dots (3.1)$$

Tchobanoglous *et al.*, (1993)

Dimana X adalah berat kotoran ayam yang dibutuhkan

$$25 = \frac{0,05 + x (1,178)}{0,052 + x (0,01)}$$

$$X = 1,002 \text{ kg}$$

$$X = 1 \text{ kg kotoran ayam / kg eceng gondok.}$$

3.2.6 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini ada 3, yaitu komposisi campuran eceng gondok dan kotoran ayam, perlakuan *total solid* dan perlakuan *pretreatment*. Variabel penelitian pertama adalah komposisi campuran antara eceng gondok dan kotoran ayam. Pada masing-masing reaktor terdapat perbandingan berat komposisi antara eceng gondok dan kotoran ayam antara lain 90:10 , 70:30 dan 50:50. Variabel penelitian yang kedua ialah perlakuan variasi *total solid*. Pada masing-masing reaktor akan diberikan variasi *total solid* yaitu total padatan (eceng gondok dan kotoran ayam) berbanding air sebesar 10:90 dan 30:70. Sedangkan untuk variabel yang ketiga adalah perlakuan *pretreatment*. Pada masing-masing reaktor diberi perlakuan *pretreatment* dan tanpa *pretreatment*.

Tabel 3.2 Variabel Penelitian

Pre-treatment	TS (%)	Komposisi % (w/w)	Kode
Dengan Pre-treatment	10	90:10	P(10)K90
		70:30	P(10)K70
		50:50	P(10)K50
	30	90:10	P(30)K90
		70:30	P(30)K70
		50:50	P(30)K50
Tanpa Pre-treatment	10	90:10	T(10)K90
		70:30	T(10)K70
		50:50	T(10)K50
	30	90:10	T(30)K90
		70:30	T(30)K70
		50:50	T(30)K50

3.2.7 Tahap Persiapan

Pada awal pelaksanaan penelitian tesis ini yang dilakukan ialah pembuatan, perakitan dan pemasangan reaktor. Galon plastik yang dipilih adalah yang berukuran 6 liter. Pada penelitian ini menggunakan 24 galon plastik sebagai reaktor biogas. Masing-masing reaktor akan dihubungkan dengan selang yang berisi air untuk mengukur dan menghitung jumlah biogas yang terbentuk.

Pengambilan bahan baku eceng gondok dilakukan di badan air di sekitar kampus ITS Surabaya. Tahap persiapan dilakukan di Workshop Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Tahap persiapan bahan baku dilakukan dengan cara memisahkan mencuci bersih eceng gondok yang telah terkumpul, setelah itu dilakukan pemisahan antara daun eceng gondok dan batang dari akarnya. Setelah pemisahan dilanjutkan mencuci bersih kembali eceng gondok tersebut, lalu dicacah kecil-kecil dengan ukuran ± 5 mm. Eceng gondok yang sudah dicacah kemudian dihaluskan dengan cara diblender. Selanjutnya eceng gondok dicampur dengan kotoran ayam dan kemudian dimasukkan ke dalam reaktor.

3.2.8 Tahap *Pretreatment*

Pretreatment eceng gondok bertujuan untuk memutus ikatan-ikatan polisakarida sehingga menjadi ikatan yang lebih sederhana. Untuk memecah kandungan lignin dan hemiselulosa dapat dilakukan dengan *pretreatment*. *Pretreatment* dilakukan secara kimia menggunakan larutan NaOH pada suhu ruangan. Menurut Singh *et al.*, (2012) *pretreatment* menggunakan NaOH dapat mengurangi kadar lignin tanpa mempengaruhi komponen lainnya, meningkatkan luas permukaan, dan dapat mematahkan ikatan antara lignin dan hemiselulosa.

Sun *et al.*, (1995) melakukan *pretreatment* hidrolisis pada suhu ruangan dengan konsentrasi NaOH dan waktu *pretreatment* yang paling optimal adalah konsentrasi NaOH 1,5% dan waktu *pretreatment* selama 144 jam (6 Hari). Pada kombinasi perlakuan tersebut, lebih dari 80% kandungan hemiselulosa dapat dilarutkan dan hampir 60% lignin dapat

dihilangkan. Kelarutan hemiselulosa dan lignin meningkat dari 37.4% menjadi 82.6% dan dari 2.9% menjadi 59.2%.

Tabel 3.3 Pretreatment eceng gondok dengan NaOH

Konsentrasi		Hari Ke 5	
NaOH (%)	Hemiselulosa	Selulosa (%)	Lignin
3	20,1	12,1	15

Pada penelitian awal yang telah dilakukan di laboratorium air ITS, eceng gondok kering dengan berat 2,5 gram dipretreatment dengan Natrium Hidroksida (NaOH) selama 120 jam dengan konsentrasi 3% sebanyak 150 ml. Pada NaOH konsentrasi 3% penurunan selulosa dari 27,3% menjadi 12,1%, penurunan hemiselulosa dari 28,3% menjadi 20,1% dan penurunan lignin dari 15% menjadi 3,8%.

Pretreatment yang akan dilakukan dalam penelitian menggunakan 1650 gram eceng gondok segar dengan Natrium Hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 3% sebanyak 1,5 liter. *Pretreatment* ini dilakukan pada suhu ruangan selama 120 jam (5 hari). Setelah pretreatment eceng gondok, pH dikondisikan pada pH 6.8 -7.2 dengan H₂SO₄. Pengaturan pH buffer dengan penambahan H₂SO₄ disesuaikan kondisi optimum mikroorganisme dalam hidrolisis mendegradasi substrat.

3.2.9 Tahap Pembuatan Biogas

Eceng gondok yang sudah dipretreatment kemudian di masukkan ke dalam reaktor dan dicampurkan dengan kotoran ayam. Setelah itu dilakukan pengenceran dengan penambahan air. Pengenceran dilakukan dengan perbandingan total padatan (campuran eceng gondok dan kotoran ayam) dengan penambahan air sebesar 10:90% (w/w) dan 30:70% (w/w). Menurut Patil *et al* (2011) eceng gondok memiliki kadar *volatile solid* (VS) sebesar 82,82 % dan kotoran ayam memiliki kadar *volatile solid* sebesar 83,47%. Eceng gondok dengan berat 4 gram, kotoran ayam dengan berat 18,87 gram

dan dilakukan pengenceran substrat 77.13 gram. Konsentrasi padatan berbanding dengan air sebanyak 24% : 76%. Biogas terbentuk pada hari ke 5 sebanyak 0,015 l/g VS. Pembentukan biogas tertinggi terjadi di hari ke 40 sebanyak 0,39 l/g VS. Semua bahan dimasukkan ke dalam reaktor dan dihomogenkan dengan cara diaduk. Tutup rapat reaktor.

Eceng gondok memiliki massa jenis 1,06 gr/cm³ dan kotoran ayam memiliki massa jenis 1,34 gr/cm³. Total volume yang akan digunakan pada pembuatan biogas ini adalah 5500 ml. Dengan memperhitungkan massa jenis antara substrat dan air sebagai pelarut, didapat komposisi variasi berat agar setara dengan volume 5500 ml dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Lampiran B.

Tabel 3.4 Komposisi berat campuran eceng gondok, kotoran ayam dan air.

PERLAKUAN							
KOMPOSISI PADATAN (%W)		Total Solid 10% (VOLUME)			Total Solid 30% (VOLUME)		
Eceng gondok	Kotoran ayam	air (ml)	Eceng gondok (gr)	Kotoran ayam (gr)	air (ml)	Eceng gondok (gr)	Kotoran ayam (gr)
90	10	4.950	550	75	3.850	1.650	225
70	30	4.950	450	225	3.850	1.350	675
50	50	4.950	350	375	3.850	1.050	1.125

Setiap hari dilakukan pengukuran suhu dan pH sebanyak 1 kali sehari yaitu saat pukul 8.00 WIB dan pengukuran jumlah terbentuknya gas dilakukan sebanyak 1 kali yaitu saat pukul 08.00 WIB. Uji *Total Solid* dan *Volatile Solid* dilakukan tiap 6 hari dengan menggunakan metode gravimetri di laboratorium teknik lingkungan ITS. Uji kandungan gas dilakukan pada hari ke 15 untuk mengetahui komposisi terbentuknya biogas. Pengukuran C-Organik dengan metode grafimetri dan N-Total dengan metode semi-kjeldhal dilakuan pada awal dan akhir penelitian di laboratorium teknik lingkungan ITS.

3.2.10 Analisa Data

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.5 :

Tabel 3.5 Parameter uji penelitian

Parameter	Waktu Sampling	Metode Analisis
C-Organik	Awal Penelitian	Gravimetry
N Total	Awal Penelitian	Spektrofotometer
pH	Setelah <i>pretreatment</i> , selama proses operasi 1 kali setiap hari	pH meter
Suhu	Selama proses operasi 1 kali setiap hari	Termometer
Kadar Biogas (CH ₄)	hari ke 15 pada saat proses operasi	Gas Chromatography
Volume Biogas	Selama proses operasi 1 kali setiap hari	Manometer
Total Solid	Setiap 6 hari proses operasi	Gravimetry
Total Volatile Solid	Setiap 6 hari proses operasi	Gravimetry

Analisis data statistik selanjutnya akan diolah menggunakan *metode Analysis of Variance* (Anova) 3 Arah dengan perangkat lunak berupa XLStat2014.

3.2.11 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa yang didapatkan selama waktu penelitian, maka dilakukan pembahasan mengenai hasil analisa tersebut. Selanjutnya data akan diolah pada grafik yang menunjukkan kelinieran grafik tersebut. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu pH, suhu, kandungan C-Total, N-Total, *total solid*, *total volatile solid* dan kadar biogas (CH₄). Data - data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dan hasil uji lab yang didapat, harus diringkas dengan baik dan teratur.

3.2.12 Kesimpulan

Kecenderungan data-data yang disajikan dalam hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan. Kesimpulan penelitian disesuaikan dengan tujuan penelitian dan saran penelitian sebagai tindak lanjut dalam penelitian ini sebagai acuan untuk penelitian berikutnya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada bab hasil dan pembahasan akan banyak disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Hal tersebut dimaksudkan untuk mempermudah analisa dan pengambilan kesimpulan dari data yang telah diperoleh selama proses penelitian. Hasil laboratorium pada penelitian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran B.

4.2 Karakteristik Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah eceng gondok dan kotoran ayam. Eceng gondok yang digunakan berasal dari rawa yang terletak di lingkungan kampus ITS Surabaya. Kotoran ayam yang digunakan berasal dari ayam potong di pasar Keputeran Surabaya. Tanaman eceng gondok dan kotoran ayam dianalisa terlebih dahulu mengenai kandungan organik, kadar air, dan massa jenisnya. Analisa tersebut dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Analisa awal mengenai kandungan organik, kadar air dan massa jenis bahan dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Analisa awal bahan baku

No	Parameter	Eceng Gondok	Kotoran Ayam
1	Kadar air (%)	90,3	27,4
2	Massa jenis (mg/ml)	1,1	1,3
3	C Organik (%)	49,8	19,7
4	N Total (%)	2,4	1,3

Selanjutnya dari hasil analisa awal, dilakukan pencampuran bahan dengan beberapa variabel berupa komposisi, perlakuan *pretreatment* dan perbandingan total padatan dalam suatu reaktor. Pengukuran kadar C-Organik pada bahan menggunakan nilai *volatile solid* dengan metode gravimetry. Pengukuran kadar N-Total pada bahan berupa nilai amonium dengan metode

kjeldhal menggunakan spektrofotometer. Dari campuran tersebut didapatkan hasil ratio C/N awal tiap reaktor. Ratio C/N tiap reaktor dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Ratio C/N pada tiap reaktor

No	Reaktor	Ratio C/N Awal	Ratio C/N Akhir	Persentase Penurunan (%)
1	P(10)K90	24,66	11,23	54,46
2	P(10)K70	23,25	9,25	60,22
3	P(10)K50	19,10	12,31	35,55
4	P(30)K90	26,38	15,46	41,39
5	P(30)K70	25,55	13,72	46,30
6	P(30)K50	21,28	13,94	34,49
7	T(10)K90	30,82	18,79	39,03
8	T(10)K70	29,41	14,22	51,65
9	T(10)K50	26,74	16,65	37,73
10	T(30)K90	34,58	27,35	20,91
11	T(30)K70	32,11	25,18	21,58
12	T(30)K50	27,75	21,03	24,22

Diketahui bahwa nilai ratio C/N awal memiliki rentang (19,10 – 34,58). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ramya (2014), ratio C/N yang ideal untuk aktivitas mikroba berkisar antara 20 sampai 30. Mengacu pada kriteria kondisi ideal untuk pertumbuhan dan aktivitas bakteri untuk proses pembentukan biogas (Tabel 4.2), hampir semua reaktor memenuhi kondisi untuk aktivitas mikroba kecuali pada reaktor (P(10)K50) yang memiliki ratio C/N dibawah 20 dan reaktor T(30)K90, T(30)K70) yang memiliki nilai ratio C/N diatas 30. Tingginya ratio C/N tersebut disebabkan karena perbandingan komposisi antara eceng gondok yang merupakan sumber karbon (C) dengan kotoran ayam yang merupakan sumber nitrogen (N) adalah 90:10 % (w/w). Tingginya konsentrasi karbon dan nitrogen akan mempengaruhi keseimbangan ratio C/N pada bahan yang mempengaruhi aktivitas bakteri anaerob (Marchaim *et al.*, 1993 dan Dioha *et al.*, 2013).

Pada akhir penelitian semua reaktor terjadi penurunan ratio C/N. Hal ini mengindikasinya pada setiap reaktor terjadi degradasi substrat oleh bakteri. Ratio C/N terendah pada akhir penelitian terjadi pada reaktor P(10)K70 yaitu sebesar 9,25. Ratio C/N tertinggi terdapat pada reaktor T(30)K90 yaitu sebesar 27,35.

Persentase penurunan ratio C/N pada reaktor dengan *total solid* 10% lebih besar daripada reaktor dengan *total solid* 30%.

Penurunan ratio C/N tertinggi dengan *total solid* 10% dengan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70 sebesar 60,22%. Sedangkan penurunan ratio C/N tertinggi dengan *total solid* 10% tanpa *pretreatment* terdapat pada reaktor T(10)K50 hanya sebesar 51,65%. Penurunan ratio C/N tertinggi dengan *total solid* 30% dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K70 sebesar 46,30%. Sedangkan penurunan ratio C/N tertinggi dengan *total solid* 30% tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(30)K50 hanya sebesar 24,22%. Dari persentase penurunan tersebut dapat dilihat reaktor dengan perlakuan *pretreatment* memiliki persentase penurunan ratio C/N yang lebih tinggi daripada reaktor tanpa perlakuan *pretreatment*. *Pretreatment* dapat mereduksi selulosa, meningkatkan porositas bahan dan menguraikan lignin dan hemiselulosa sehingga bakteri akan lebih mudah untuk mendegradasi bahan (Sun dan Cheng, 2002).

Perbandingan persentase penurunan ratio C/N dengan total solid 10% dan 30% pada reaktor P(10)K70 dan P(30)K70 dengan komposisi yang sama yaitu 70:30 (% w/w) dan dengan perlakuan *pretreatment*, total padatan berbanding dengan kadar air mempengaruhi persentase degradasi substrat pada reaktor. Pada reaktor P(10)K70 dengan *total solid* 10 (% v) dan kadar air 90 (% v) persentase penurunan ratio C/N lebih tinggi daripada reaktor P(30)K70 dengan *total solid* 30 (% v) dan kadar air 70 (% v). Hal ini diperkuat oleh penelitian Sudarno, dkk (2013) yang menyatakan aktivitas normal bakteri anaerob pada reaktor membutuhkan sekitar 90% air dan 7-10% bahan dari bahan masukan untuk proses biogas.

4.3 Kondisi Suhu Selama Proses Pembentukan Gas

Suhu merupakan indikator penting pada proses pembentukan biogas. Perubahan suhu merupakan parameter yang menunjukkan terjadinya reaksi dan degradasi substrat di dalam reaktor. Proses degradasi tersebut berupa penguraian suatu senyawa dan proses tersebut ditunjukkan dengan adanya perubahan suhu. Kondisi suhu yang terbentuk selama proses pembentukan biogas dapat di lihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

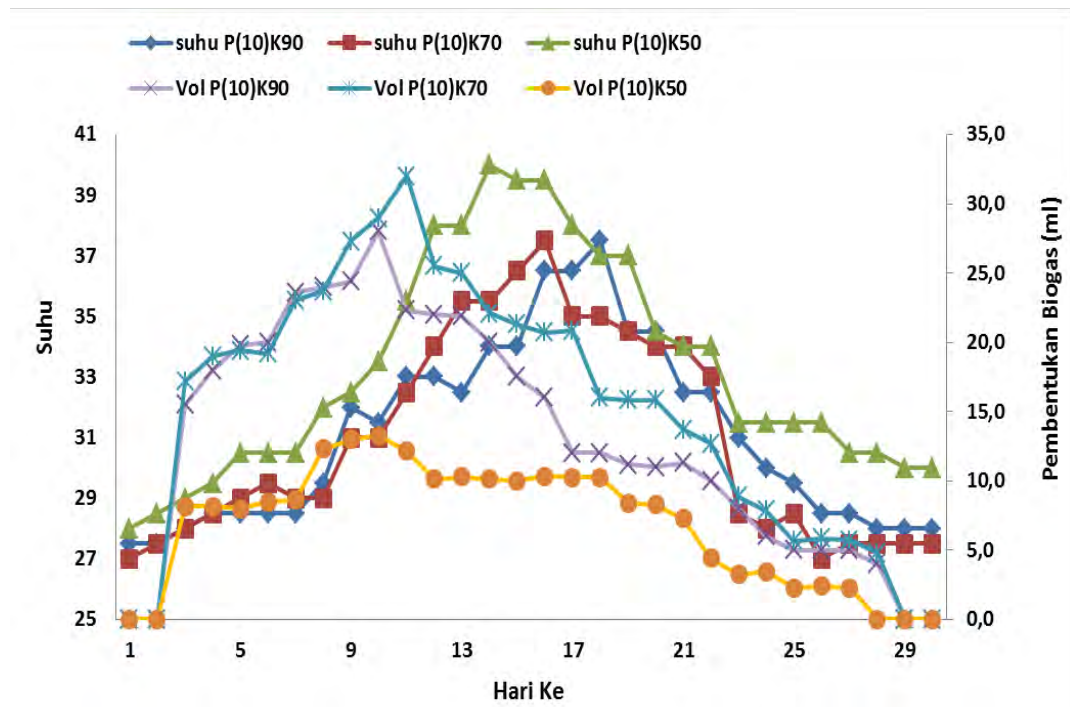
Pada hari ke 4 sampai hari ke 6 terjadi kenaikan suhu yang signifikan pada semua reaktor. Pada tahap ini bakteri hidrolisis menghasilkan enzim untuk mengubah substrat yang masih bersifat polimer (karbohidrat, protein dan lemak) menjadi senyawa lebih sederhana (monomer) seperti asam amino, asam organik dan glukosa (Darmanto, dkk, 2012). Aktivitas bakteri ditandai dengan adanya kenaikan suhu. Pembelahan membran sel pada fase eksponensial terjadi dalam waktu singkat sehingga populasi bakteri pembentuk biogas menjadi lebih banyak. Bakteri pada tahap hidrolisis dan asetogenesis dengan jumlah yang banyak akan menghasilkan enzim yang mendegradasi substrat lebih cepat. Proses degradasi menjadikan suhu semakin meningkat dan pembentukan biogas pun semakin meningkat.

Pada hari ke 7 sampai hari ke 19 terjadi fluktuasi suhu. Penurunan suhu terjadi karena substrat telah diubah menjadi senyawa sederhana (asam asetat). Selanjutnya asam asetat tersebut dimanfaatkan bakteri metanogen untuk menghasilkan gas metan. Pengubahan substrat tersebut ditandai dengan kenaikan suhu pada reaktor. Semua substrat tidak dapat langsung diubah menjadi senyawa lebih sederhana (monomer) dan semua senyawa monomer juga tidak bisa langsung diubah menjadi biogas karena tergantung jumlah bakteri yang terdapat pada reaktor. Sejalan dengan (Prasetyo, 2013) jumlah dan aktivitas bakteri yang menjadikan adanya fluktuasi suhu pada rentang waktu tertentu.

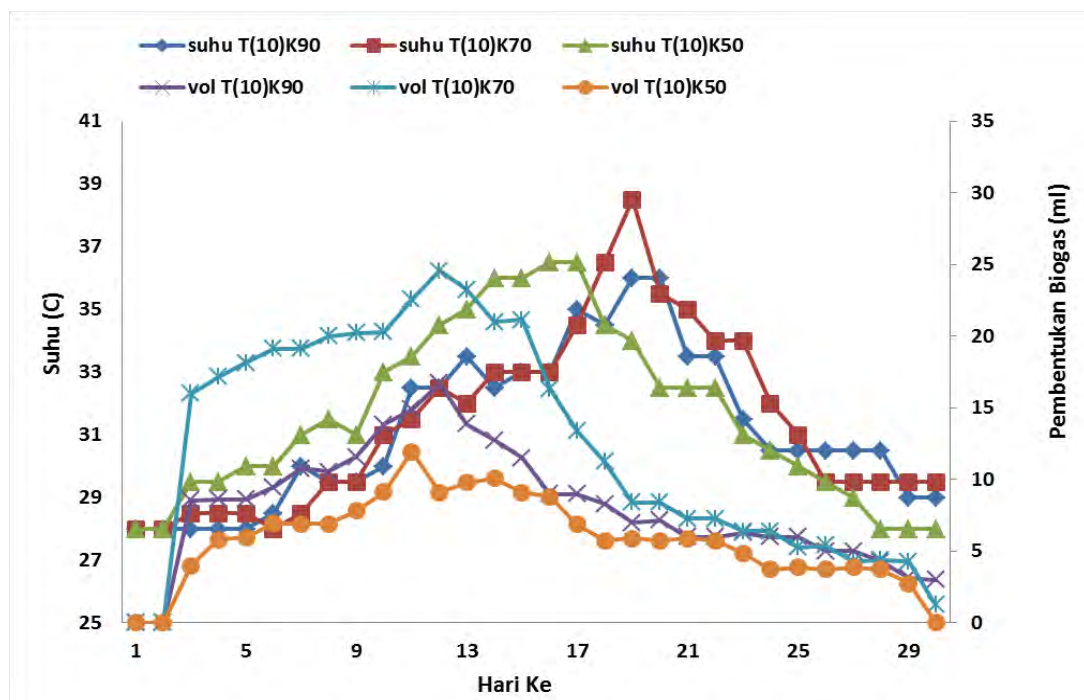
Pada hari ke 20 sampai hari ke 30 terjadi penurunan suhu secara bertahap walaupun ada fluktuasi suhu. Selain itu, penurunan suhu terjadi karena jumlah nutrient yang tersedia mulai habis. Sebagian bakteri mati karena adanya persaingan nutrient untuk bertahan hidup. Beberapa bakteri mati karena tumbuhnya sel berjalan lambat, sedangkan sebagian bakteri yang memperoleh nutrien cenderung menggunakan nutrien tersebut untuk bertahan hidup daripada untuk berkembang biak, memproduksi asam organik dan gas.

4.3.1 Kondisi Suhu Selama Proses Pembentukan Gas Pada *Total solid* 10%

Kondisi suhu yang terbentuk selama proses pembentukan biogas pada reaktor dengan *total solid* 10% dapat dilihat pada Gambar 4.1(a) dan Gambar 4.1(b).



(a)



(b)

Gambar 4.1 Kondisi Suhu Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Total solid* 10%

(a) *Pretreatment* , (b) Tanpa *Pretreatment*

Pada penelitian ini proses digestasi berjalan pada *range mesophilic* (25°C-40 °C). Pada 3 hari penelitian, peningkatan suhu semua reaktor berjalan lambat. Hal ini terjadi karena populasi bakteri masih belum signifikan. Pada Gambar 4.1(a) kondisi suhu tertinggi pada reaktor dengan *total solid* 10% dan dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70 sebesar 40 °C di hari ke 14. Pada Gambar 4.1(b) kondisi suhu tertinggi pada reaktor dengan *total solid* 10% dan tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(10)K70 sebesar 38,5 °C di hari ke 19. Pada reaktor dengan *total solid* 10%, semua reaktor terjadi kenaikan suhu dari hari pertama sampai hari ke 13. Kenaikan suhu juga diikuti dengan pembentukan biogas pada semua reaktor.

Pembentukan biogas tertinggi dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70 sebanyak 32 ml dan pada kondisi suhu 32,5°C di hari ke 11. Pada hari ke 12 sampai hari ke 30, reaktor P(10)K70 terjadi penurunan pembentukan biogas tetapi suhu pada reaktor tersebut tetap mengalami kenaikan hingga hari ke 16. Pada hari ke 17 sampai hari ke 30, suhu pada reaktor P(10)K70 berangsur anggur menurun. Pembentukan biogas tertinggi tanpa *pretreatment* terdapat pada reaktor T(10)K70 sebanyak 24,5 ml dan pada kondisi suhu 32,5°C dihari ke 12. Pada hari ke 13 sampai hari ke 30, reaktor T(10)K70 terjadi penurunan pembentukan biogas tetapi suhu pada reaktor tersebut tetap mengalami kenaikan hingga hari ke 19. Pada hari ke 20 sampai hari ke 30, suhu pada reaktor T(10)K70 berangsur anggur menurun. Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Anna Schnürer dan Åsa Jarvis (2009) terjadi penurunan suhu beberapa derajat di akhir penelitian. Penurunan suhu tidak berpengaruh signifikan terhadap proses pembentukan biogas tetapi fluktuasi suhu menyebabkan ketidakseimbangan reaksi pembentukan metana oleh bakteri metanogen yang lebih sensitif terhadap fluktuasi suhu.

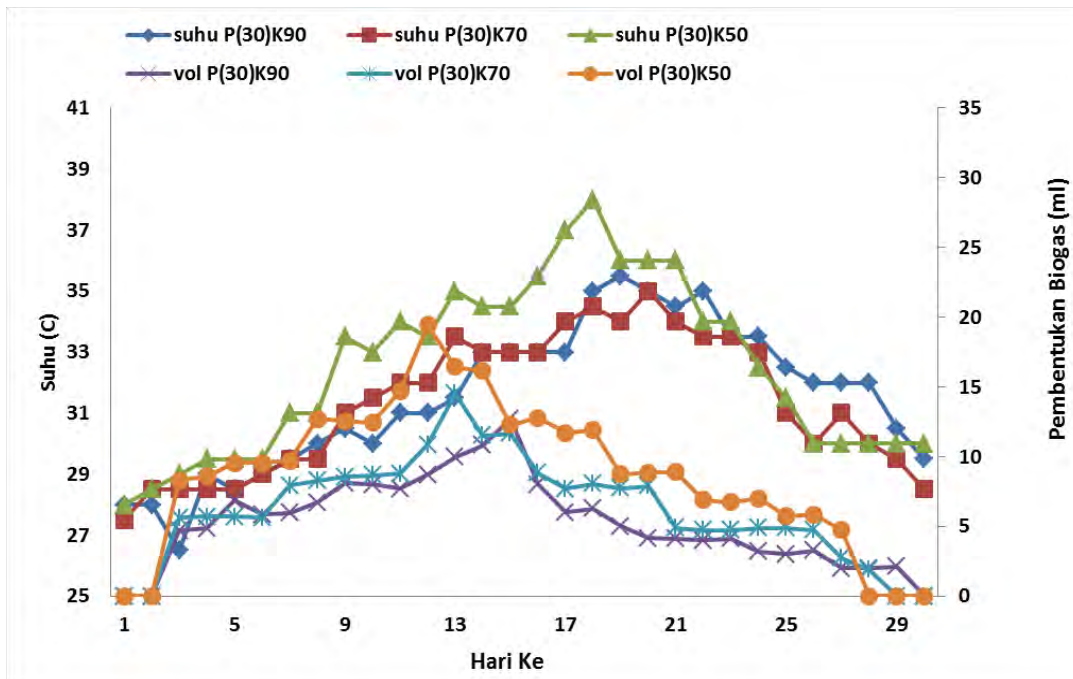
Dari data tersebut, pada komposisi reaktor eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 %w/w) diketahui reaktor P(10)K70 dengan perlakuan *pretreatment* menghasilkan pembentukan biogas dan kenaikan suhu yang lebih tinggi dibandingkan reaktor T(10)K70 tanpa *pretreatment*. Hal ini disebabkan karena perlakuan *pretreatment* mengubah kondisi fisik eceng gondok sebagai sumber nutrisi menjadi lebih halus, sehingga bakteri pendegradasi lebih mudah

mencerna. Penurunan pembentukan biogas dan kenaikan suhu juga terjadi pada reaktor P(10)K90. Penurunan biogas terjadi pada hari ke 11 tetapi suhu tetap naik hingga hari ke 18. P(10)K50 penurunan biogas terjadi pada hari ke 11 tetapi suhu tetap naik hingga hari ke 14. Pada reaktor T(10)K90 penurunan biogas terjadi pada hari ke 13 tetapi suhu tetap naik hingga hari ke 20. Reaktor T(10)K50, penurunan biogas terjadi pada hari ke 12 tetapi suhu tetap naik hingga hari ke 17.

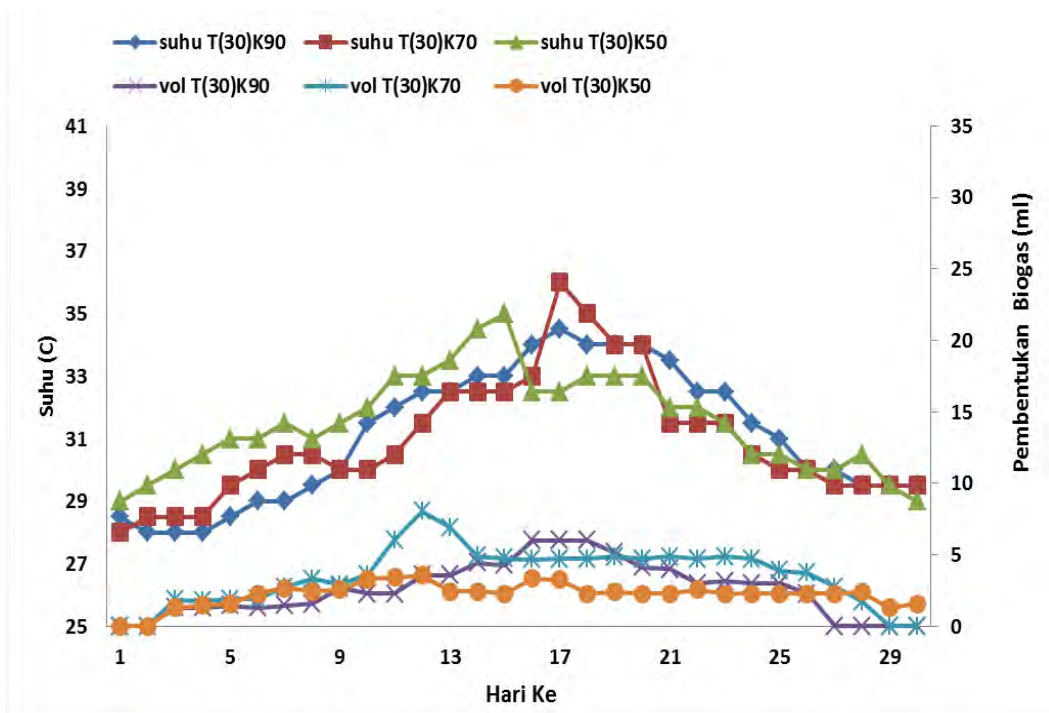
4.3.2 Kondisi Suhu Selama Proses Pembentukan Gas Pada *Total solid* 30%

Kondisi suhu yang terbentuk selama proses pembentukan biogas pada reaktor dengan *total solid* 10% dapat dilihat pada Gambar 4.1(a) dan Gambar 4.1(b). Pada Gambar 4.2(a) kondisi suhu tertinggi pada reaktor dengan *total solid* 30% dan dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K50 sebesar 38 °C di hari ke 18. Pada Gambar 4.2(b) kondisi suhu tertinggi pada reaktor dengan *total solid* 30% dan tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(30)K70 sebesar 36 °C di hari ke 17. Pada reaktor dengan *total solid* 30% dan dengan perlakuan *pretreatment*, semua reaktor terjadi kenaikan suhu dari hari pertama sampai hari ke 13. Kenaikan suhu juga diikuti dengan pembentukan biogas pada semua reaktor.

Pembentukan biogas tertinggi dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K50 sebanyak 19 ml dan pada kondisi suhu 33,5 °C di hari ke 12. Pada hari ke 13 sampai hari ke 30, reaktor P(30)K50 terjadi penurunan pembentukan biogas tetapi suhu pada reaktor tersebut tetap mengalami kenaikan hingga hari ke 18. Pada hari ke 19 sampai hari ke 30, suhu pada reaktor P(30)K50 berangsur anggur menurun. Pembentukan biogas tertinggi tanpa *pretreatment* terdapat pada reaktor T(30)K70 sebanyak 8 ml dan pada kondisi suhu 31,5 °C di hari ke 12. Pada hari ke 13 sampai hari ke 30, reaktor T(30)K70 terjadi penurunan pembentukan biogas tetapi suhu pada reaktor tersebut tetap mengalami kenaikan hingga hari ke 17. Pada hari ke 18 sampai hari ke 30, suhu pada reaktor T(30)K70 berangsur anggur menurun. Dari data tersebut dapat diketahui reaktor dengan perlakuan *pretreatment* menghasilkan pembentukan biogas dan kenaikan suhu yang lebih tinggi dibandingkan tanpa *pretreatment*.



(a)



(b)

Gambar 4.2 Kondisi Suhu Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Total solid* 30%

(a) *Pretreatment*, (b) *Tanpa Pretreatment*

Penurunan pembentukan biogas dan kenaikan suhu juga terjadi pada semua reaktor. Pada reaktor P(30)K90 terjadi penurunan suhu pada hari ke 3 yaitu dari 28 °C ke 26,5 °C. Hal ini terjadi karena bakteri masih beradaptasi dengan lingkungannya. Pada reaktor P(30)K90 penurunan biogas terjadi pada hari ke 16 tetapi suhu tetap naik hingga hari ke 19. Pada reaktor P(30)K70 penurunan biogas terjadi pada hari ke 13 tetapi suhu tetap naik hingga hari ke 18. Pada reaktor T(30)K50 penurunan biogas terjadi pada hari ke 12 tetapi suhu tetap naik hingga hari ke 15. Pada reaktor T(30)K90 pembentukan biogas tertinggi terjadi pada hari ke 17 dan suhu tertinggi terbentuk di hari ke 17. Penurunan pembentukan biogas dan penurunan suhu terjadi sejalan.

Pembentukan biogas dengan *total solid* 10% pada reaktor P(10)K70 hasilnya lebih tinggi daripada *total solid* 30% pada reaktor P(30)K50. Dari kedua reaktor tersebut sama sama mendapatkan perlakuan *pretreatment*, tetapi komposisi dan *total solid* yang terdapat pada reaktor berbeda. Hal ini menjelaskan adanya pengaruh *total solid* terhadap pembentukan biogas. Sudarno, dkk (2013) yang menyatakan aktivitas normal bakteri pada reaktor membutuhkan 7-10% *total solid* dari bahan masukan untuk proses biogas. Penurunan pembentukan biogas terjadi karena ada persaingan antar bakteri untuk menggunakan substrat sebagai nutrient sehingga populasi bakteri semakin menurun. Laju kematian mikroorganisme lebih cepat daripada laju terbentuknya sel. Sehingga laju penguraian zat organik menjadi biogas turun (Wati dan Prasetyani, 2013).

4.4 Kondisi Derajat Keasaman Selama Proses Pembentukan Gas

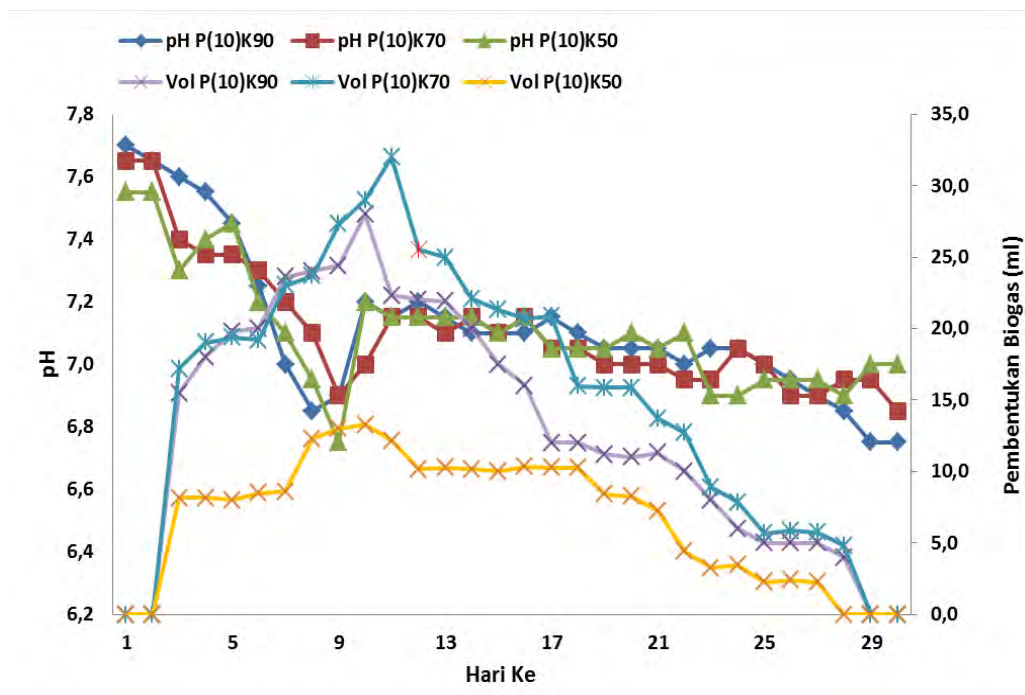
Derjat keasaman atau konsentrasi ion hidrogen merupakan parameter penting yang dapat mempengaruhi kelangsungan bakteri pengurai dalam reaktor. Pada rentang pH yang tidak sesuai, bakteri tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan berakibat pada produksi biogas yang terhambat. Nilai derajat keasaman semua reaktor mengalami fluktuasi. Selama proses digestasi, pH dalam setiap reaktor berada pada rentang 6,65 – 7,7. Hal ini sesuai dengan literatur, bahwa bakteri fermentasi dan bakteri pembentuk metan dapat hidup pada interval pH 6,5 - 8,00 dan sesuai toleransi perkembangbiakan bakteri tersebut (Boe, 2006).

Selama proses digestasi, perubahan pH tidak terlalu signifikan. Pada 10 hari pertama hampir semua reaktor mengalami penurunan pH, kecuali pada reaktor T(30)K70 dan T(30)K50 yang mengalami kenaikan pada hari ke 1 sampai hari ke 3. Kenaikan pH diawal penelitian terjadi karena bakteri masih beradaptasi sehingga pertumbuhan bakteri terhambat (Boe, 2006). Kondisi pH cenderung naik karena pada tahapan ini merupakan tahapan hidrolisis dimana ion H^+ digunakan untuk mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan polimerik pada polisakarida, lipid maupun protein (Chotimah, 2011). Penurunan pH pada 10 hari pertama terjadi tahap asidogenesis dan asetogenesis karena perombakan substrat dan pembentukan asam organik oleh bakteri fermentatif.

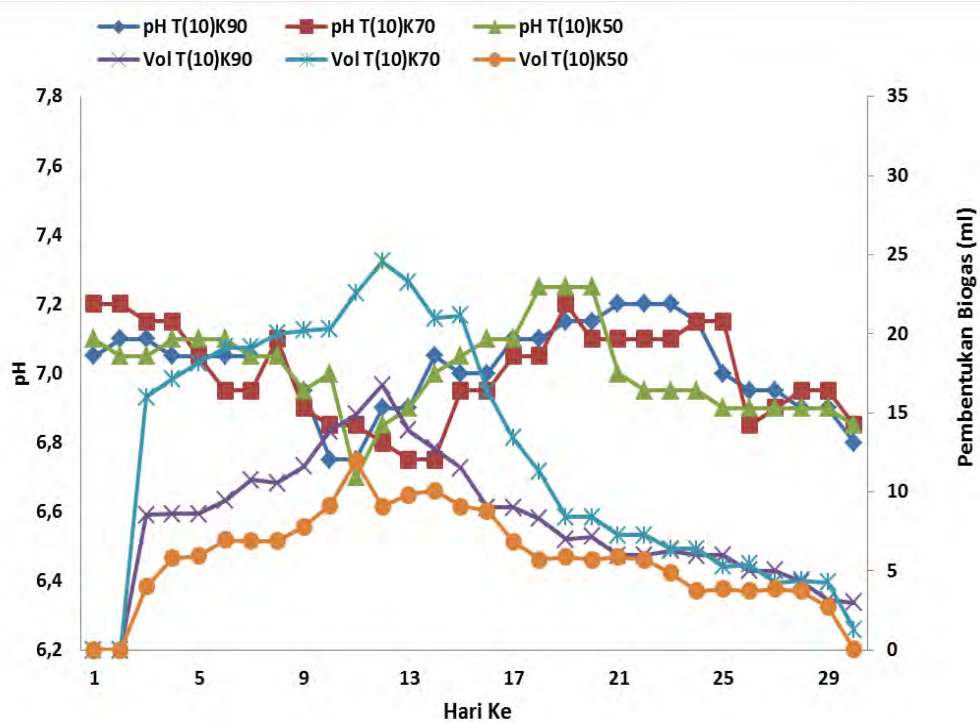
Peningkatan pH reaktor terjadi saat memasuki fase metanogenesis yang ditandai dengan keasaman campuran akan berkurang. Setelah itu campuran menjadi *well buffer* sehingga pH akan tetap stabil dengan sendirinya (Fry, 1974). Kondisi *well buffer* adalah kondisi dimana pH akan tetap stabil walaupun bahan dimasukkan lagi ke dalam reaktor. Hampir semua pH reaktor berada pada kondisi stabil pada hari ke 15 sampai hari ke 30 kecuali pada reaktor T(10)K50, T(10)K70 dan T(10)K90 yang mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena masih terjadinya penguraian asam organik menjadi CO_2 , metan dan NH_3 yang mengakibatkan kenaikan pH. Perombakan substrat pada reaktor berjalan lambat. Kenaikan pH tersebut masih dalam kisaran aman pembentukan biogas (Chotimah dkk., 2014).

4.4.1 Kondisi Derajat Keasaman Selama Proses Pembentukan Gas Pada Total solid 10%

Derajat keasaman yang terjadi selama waktu pembentukan biogas dapat dilihat pada Gambar 4.3(a) dan 4.3(b). Pada Gambar 4.3(a) kondisi pH dengan *total solid* 10% dan dengan perlakuan *pretreatment* pada reaktor P(10)K90 dan P(10)K70 mengalami penurunan derajat keasaman pada rentang 7,8 sampai 6,8 yang terjadi dari hari ke 1 sampai hari ke 8, kecuali pada reaktor P(10)K50 yang mengalami kenaikan pH pada hari ke 3 sampai hari ke 5. Kenaikan pH diawal penelitian terjadi karena bakteri masih beradaptasi sehingga pertumbuhan bakteri terhambat (Boe, 2006). Penurunan pH tersebut diikuti dengan kenaikan pembentukan biogas.



(a)



(b)

Gambar 4.3 Kondisi pH Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Total solid* 10%

(a) *Pretreatment* , (b) *Tanpa Pretreatment*

Pada hari ke 9 dan ke 10, terjadi kenaikan pH dari 6,8 sampai 7,2 dan masih diikuti kenaikan pembentukan biogas. Pembentukan biogas tertinggi terdapat pada

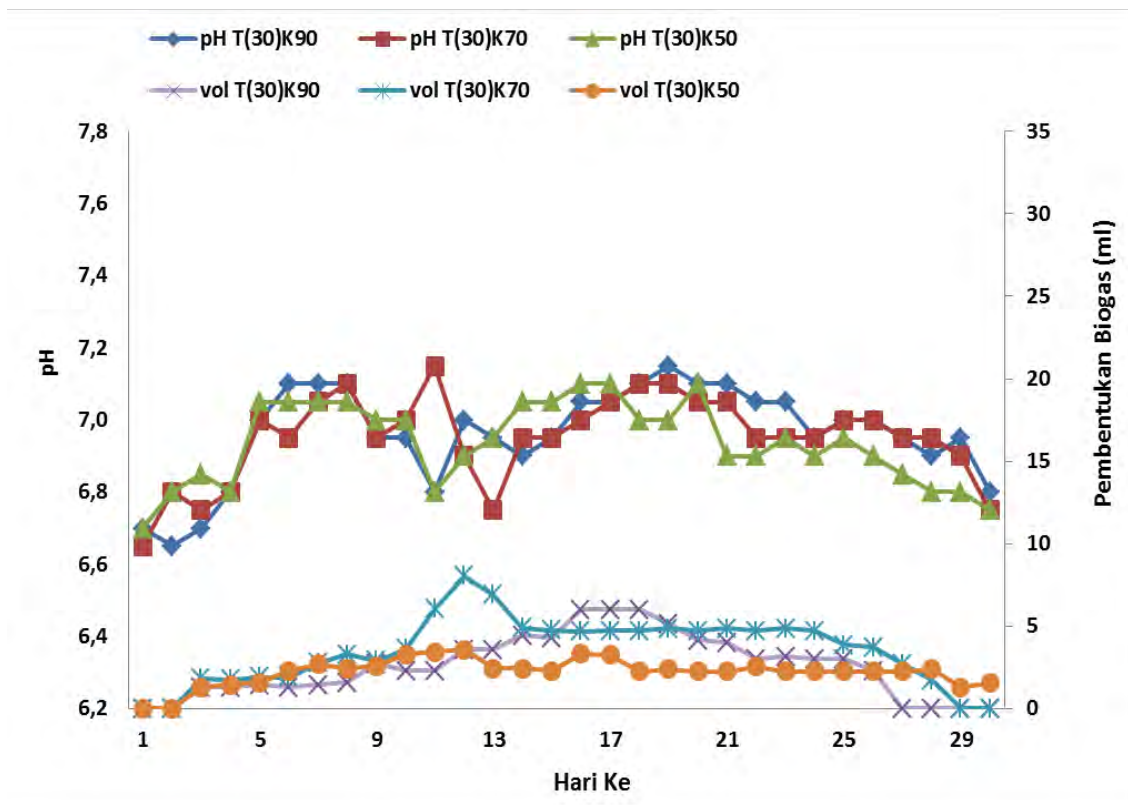
reaktor P(10)K70 sebanyak 32 ml yang terjadi pada pH 7,2 di hari 11. Pada hari ke 12 sampai hari ke 30, derajat keasaman dan suhu pada semua reaktor berangsur angsur menurun. Pembentukan biogas pada reaktor P(10)K90 sebanyak 28 ml yang terjadi pada pH 7,2 di hari 10. Pembentukan biogas pada reaktor P(10)K50 sebanyak 13 ml yang terjadi pada pH 7,2 di hari 10.

Pada Gambar 4.3(b) kondisi pH pada reaktor dengan *total solid* 10% dan tanpa *pretreatment*, semua reaktor mengalami penurunan pH dari 7,2 sampai 6,9 yang diikuti dengan kenaikan pembentukan biogas dari hari ke 1 sampai hari ke 12. Pada hari ke 12 sampai hari ke 30, semua reaktor terjadi penurunan pembentukan biogas tetapi pH pada reaktor tersebut tetap mengalami kenaikan hingga hari ke 19. Pada hari ke 20 sampai hari ke 30, pH pada semua reaktor berangsur angsur menurun. Kenaikan pH terjadi karena bakteri memanfaatkan hasil degradasi susbtat berupa asam asetat, CO₂, dan hidrogen yang terbentuk pada tahap asidogenesis, kemudian pH di dalam reaktor akan berangsur angsur naik menuju pH normal (Tarigan, 2009). Penurunan pembentukan biogas terjadi karena ada persaingan antar bakteri untuk menggunakan substrat sebagai nutrient sehingga populasi bakteri semakin menurun. Laju kematian mikroorganisme lebih cepat daripada laju terbentuknya sel. Sehingga laju penguraian zat organik menjadi biogas turun (Wati dan Prasetyani, 2013). Pembentukan gas tertinggi terdapat pada reaktor P(10)K70 sebanyak 24 ml yang terjadi pada pH 6,8 di hari 12.

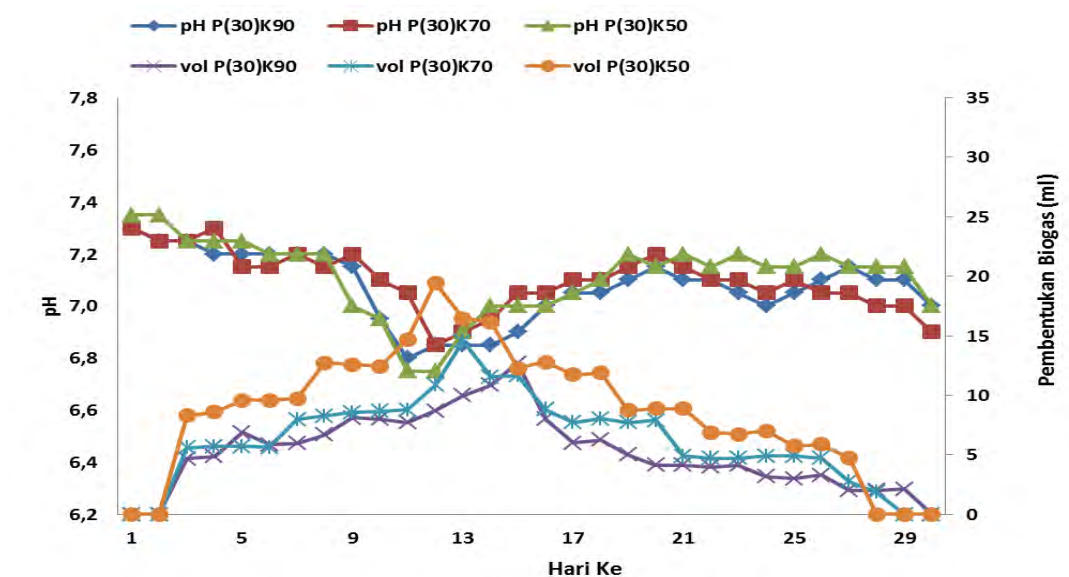
4.4.2 Kondisi Derajat Keasaman Selama Proeses Pembentukan Gas Pada *Total solid* 30%

Kondisi pH pada reaktor dengan *total solid* 30% dan dengan *pretreatment*, semua reaktor mengalami penurunan pH dari 7,4 sampai 6,8 yang diikuti dengan kenaikan pembentukan biogas yang terjadi dari hari ke 1 sampai hari ke 12. Pada hari ke 13 sampai hari ke 30, semua reaktor terjadi penurunan pembentukan biogas yang diikuti dengan kenaikan pH hingga hari ke 19. Pada hari ke 20 sampai hari ke 30, pH pada semua reaktor terjadi fluktuasi tetapi dengan tren yang menurun tetapi tidak signifikan. Menurut Ratnaningsih dkk, (2009) pH yang terus menurun disebabkan proses metanogenesis tidak berjalan sempurna, bakteri penghasil asam tumbuh terlalu cepat sehingga asam yang dihasilkan akan lebih

banyak dari jumlah yang dapat dikonsumsi oleh bakteri penghasil metan, akibatnya sistem akan menjadi asam.



(a)



(b)

Gambar 4.4 Kondisi pH Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Total solid* 30%

(a) *Pretreatment* , (b) Tanpa *Pretreatment*

4.5 Kondisi *Volatile Solid*

Degradasi substrat oleh bakteri dapat diketahui dari penurunan jumlah *Volatile solid* (VS). *Volatile solid* adalah bagian dari *total solid* yang merupakan substrat (sumber makanan) bagi mikroorganisme non metanogen yang bekerja pada tahap awal produksi biogas, penurunan *volatile solid* menunjukkan di dalam biodigester terjadi proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme non metanogen (Ni'mah, 2014).

4.5.1 *Biodegradable Volatile solid yang Terdapat Di Dalam Volatile solid*

Volatile solid merupakan bagian dari *total solid* pada fase asidifikasi dan fase metanogenesis yang membentuk gas (Nugraha, 2014). *Volatile solid* terdiri dari 2 yaitu *Biodegradable Volatile solid* (BVS) dan *Refractory Volatile solid* (RVS). *Biodegradable Volatile Solid* adalah jumlah *volatile solid* yang dapat dicerna bakteri untuk diubah menjadi gas. Hasil penurunan volatil solid dapat dianggap sebagai *Biodegradable Volatile Solid* (BVS) (Verma, 2002; Kayhanian, 1994). Dalam proses pencernaan anaerobik konvensional, kinerja proses diukur secara *volatile solid*. Namun, juga dapat diukur dengan fraksi *Biodegradable Volatile Solid* substrat..

Tabel 4.3 *Biodegradable Volatile solid yang Terdapat Di Dalam Volatile solid*

Pre-treatment	TS (%)	Komposisi % (w/w)	Kode	<i>Biodegradable Volatile solid</i> (%)
Dengan Pre-treatment	10	90:10	P(10)K90	24
		70:30	P(10)K70	26
		50:50	P(10)K50	15
	30	90:10	P(30)K90	12
		70:30	P(30)K70	16
		50:50	P(30)K50	21
Tanpa Pre-treatment	10	90:10	T(10)K90	20
		70:30	T(10)K70	23
		50:50	T(10)K50	12
	30	90:10	T(30)K90	8
		70:30	T(30)K70	13
		50:50	T(30)K50	12

Biodegradable volatile solid adalah bagian dari *volatile solid* yang dapat digunakan bakteri untuk membentuk asam pada fase asidifikasi dan membentuk metan pada fase metanogenesis (Kayhanian, 1994). Semakin tinggi penurunan *volatile solid* yang terdapat pada bahan, maka akan semakin tinggi pula *biodegradable volatile solid*nya. Pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 10% dan dengan *pretreatment* persentase tertinggi terdapat pada reaktor P(10)K70 sebesar 26%. Sedangkan pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 10% dan tanpa *pretreatment* persentase tertinggi terdapat pada reaktor T(10)K70 sebesar 23%. Hal ini menunjukkan perlakuan dengan *pretreatment* menghasilkan *biodegradable volatile solid* paling tinggi. *Pretreatment* eceng gondok memiliki keefektifan dalam memecah ukuran substrat dan menghilangkan lignin sehingga substrat lebih mudah untuk didegradasi oleh bakteri anaerob (Mosier *et al.*, 2005).

Pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 30% dan dengan *pretreatment* persentase tertinggi terdapat pada reaktor P(30)K50 sebesar 30%. Sedangkan pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 21% dan tanpa *pretreatment* persentase tertinggi terdapat pada reaktor T(30)K70 sebesar 13%. Pada reaktor P(30)K50, komposisi antara kotoran ayam dan eceng gondok memiliki porsi seimbang, sehingga persentase *biodegradable volatile solid* yang dapat lebih tinggi dari komposisi lainnya. Perlakuan *pretreatment* juga memberikan pengaruh terhadap hasil *biodegradable volatile solid* yang didapat. Reaktor dengan perlakuan *pretreatment* hasil *biodegradable volatile solid*nya lebih tinggi daripada tanpa perlakuan *pretreatment*.

Untuk mengetahui perlakuan mana yang menghasilkan *biodegradable volatile solid* tertinggi, maka dilakukan perbandingan antara hasil terbaik dengan perlakuan *total solid* 10% dengan 30%. Pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 10% dan dengan *pretreatment* persentase tertinggi terdapat pada reaktor P(10)K70 sebesar 26%. Pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 30% dan dengan *pretreatment* persentase tertinggi terdapat pada reaktor P(30)K50 sebesar 21%. Perlakuan dengan *total solid* 10% memiliki *biodegradable volatile solid* tertinggi daripada dengan perlakuan 30%. Chandler *et al.*, (1980) menemukan hubungan antara kadar lignin dan *biodegradable volatile solid* menggunakan berbagai bahan. Hubungan empiris menunjukkan bahwa lignin tidak hanya tidak mudah

dibiodegradasi, tapi lignin juga mengurangi biodegradasi dari komponen non lignin. Hal ini dapat dilihat dari jumlah *refractory volatile solid* yang terjadi pada proses pembentukan biogas.

4.5.2 *Refractory Volatile Solid yang Terdapat Di Dalam Volatile Solid*

Refractory Volatile Solid adalah bagian penyusun *volatile solid* yang tidak dapat digunakan bakteri untuk diubah menjadi gas. *Refractory volatile solid* dapat dilihat dari residu penurunan *volatile solid* (Loehr, 1984). Menurut Kreith dan Goswami (2007), *refractory volatile solid* adalah bahan organik kompleks yang sebagian besar berupa lignin yang sulit didegradasi bakteri anaerob dan biasanya membutuhkan waktu yang lama untuk degradasi secara sempurna. Komposisi bahan yang memiliki padatan berserat memiliki tingkat *refractory* tinggi yang berasal dari lignoselulosa (Wilkie, 2005). Jumlah *refractory volatile solid* yang terdapat di dalam *volatile solid* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Refractory Volatile solid yang Terdapat Di Dalam Volatile solid*

Pre-treatment	TS (%)	Komposisi % (w/w)	Kode	<i>Refractory Volatile solid (%)</i>
Dengan Pre-treatment	10	90:10	P(10)K90	76
		70:30	P(10)K70	74
		50:50	P(10)K50	85
	30	90:10	P(30)K90	88
		70:30	P(30)K70	84
		50:50	P(30)K50	79
Tanpa Pre-treatment	10	90:10	T(10)K90	80
		70:30	T(10)K70	77
		50:50	T(10)K50	88
	30	90:10	T(30)K90	92
		70:30	T(30)K70	87
		50:50	T(30)K50	88

Produksi biogas dan pembentukan metan tidak akan sama karena adanya variasi komposisi yang akan mempengaruhi jumlah *biodegradable volatile solid* dan *refractory volatile solid* dalam suatu proses anaerob. Pada penelitian ini

semua reaktor memiliki jumlah *refractory volatile solid* diatas 70%. Pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 10% dan dengan *pretreatment* persentase tertinggi terdapat pada reaktor P(10)K50 sebesar 85%. Sedangkan pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 10% dan tanpa *pretreatment* persentase tertinggi terdapat pada reaktor T(10)K50 sebesar 88%. Pada reaktor dengan perlakuan *total solid* 30% dan tanpa *pretreatment* persentase *refractory volatile solid* tertinggi terdapat pada reaktor T(30)K90 sebanyak 92%. Pada komposisi yang sama yaitu eceng gondok berbanding kotoran ayam (90:10 %), reaktor P(30)K90 dengan perlakuan *pretreatment* memiliki jumlah *refractory volatile solid* yang lebih rendah yaitu sebesar 88%. Hal ini menunjukkan, perlakuan *pretreatment* dapat mengurangi nilai *refractory volatile solid*.

Semakin tinggi jumlah *refractory volatile solid* yang terdapat dalam campuran bahan, maka bahan yang dapat didegradasi akan semakin sedikit. Tingginya jumlah *Refractory Volatile Solid* berhubungan dengan bahan organik kompleks seperti lignin. Rendahnya biodegradasi mungkin disebabkan oleh lignin yang mengandung bahan polimer secara fisik mencegah akses enzimatik untuk komponen nonlignin sehingga degradasi substrat menjadi terhambat (Chandler *et al.*,1980). Penelitian yang dilakukan Wilkie (2005) menunjukkan bahwa komposisi bahan yang mengandung serat tinggi mengakibatkan terjadinya penurunan biodegradasi dan *refractory volatile solid* yang terdapat pada bahan akan menyerang bakteri anaerob karena kandungan lignoselulosa menghambat bakteri mendapatkan nutrisi.

4.5.3 Pengaruh *Volatile solid* Terhadap Pembentukan Biogas

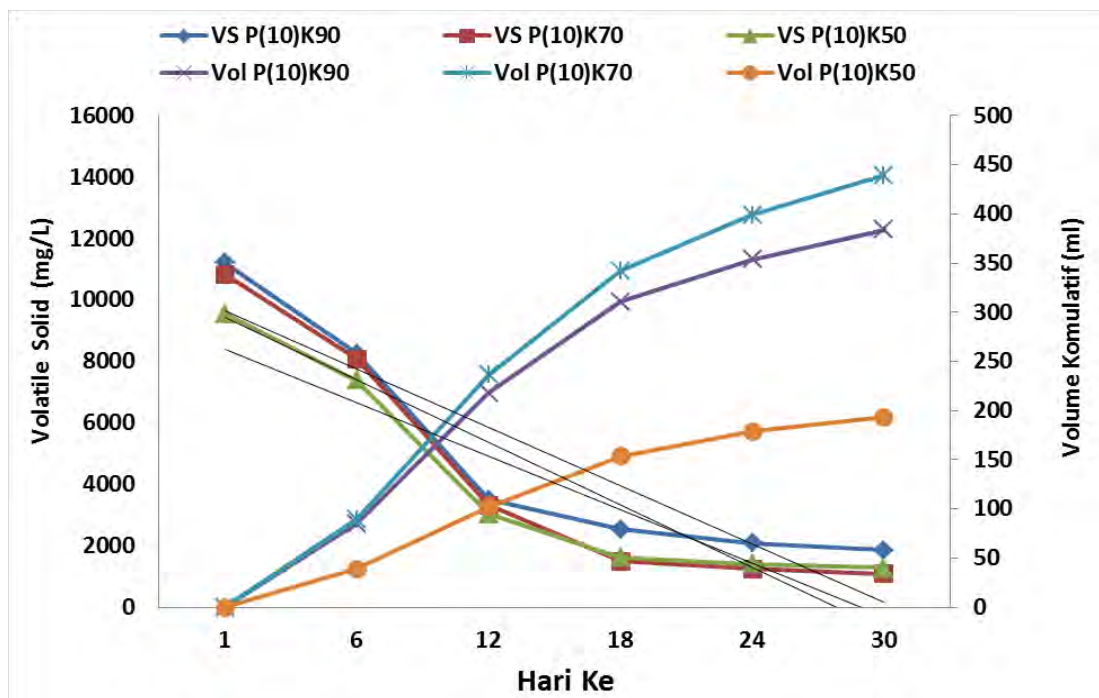
Volatil solid (VS) adalah kandungan senyawa organik yang dapat didegradasi oleh bakteri anaerobik. *Volatile solid* merupakan substrat (sumber makanan) bagi mikroorganisme non metanogen yang bekerja pada tahap awal produksi biogas, penurunan *volatile solid* di dalam biodigester terjadi karena proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme non metanogen (Ni'mah, 2014). Degradasi *volatile solid* yang terjadi selama waktu pembentukan biogas dapat dilihat pada Tabel 4.5, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6.

Tabel 4.5 Persentase Penurunan *Volatile solid*

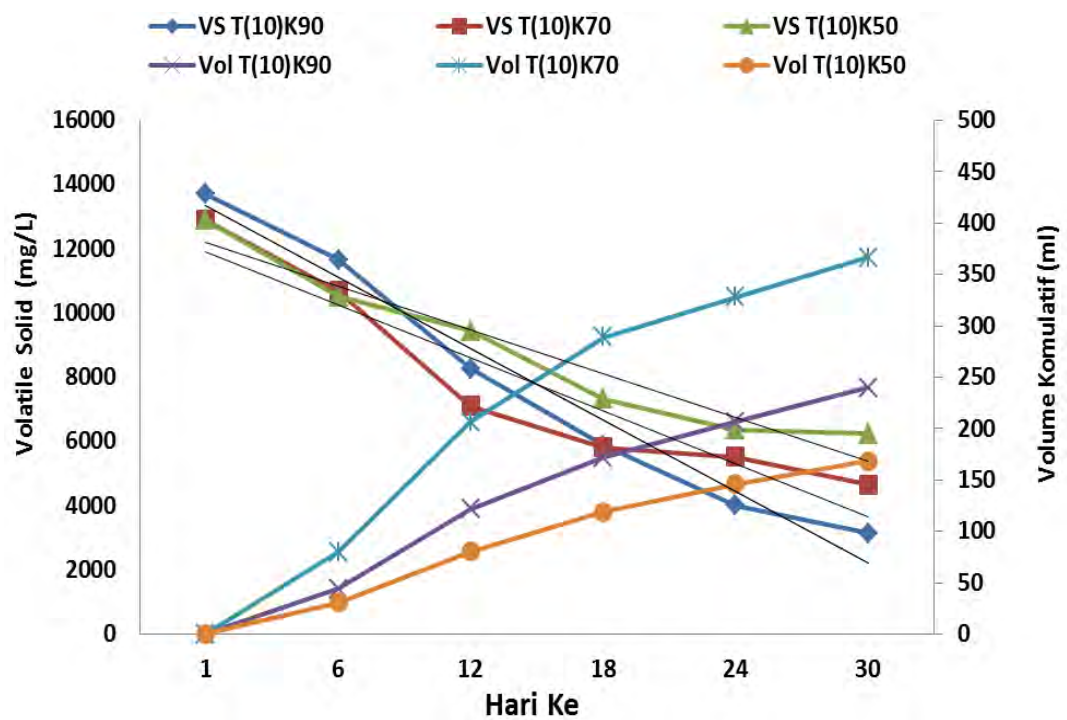
Pre-treatment	TS (%)	Komposisi % (w/w)	Kode	Degradasi <i>Volatile solid</i> (%)				
				Hari ke				
				6	12	18	24	30
Dengan Pre-treatment	10	90:10	P(10)K90	26	51	60	64	66
		70:30	P(10)K70	25	51	68	70	72
		50:50	P(10)K50	23	41	56	57	59
	30	90:10	P(30)K90	22	33	45	51	52
		70:30	P(30)K70	29	42	46	53	55
		50:50	P(30)K50	19	24	57	59	62
Tanpa Pre-treatment	10	90:10	T(10)K90	15	23	40	54	60
		70:30	T(10)K70	17	37	47	57	64
		50:50	T(10)K50	18	27	37	44	52
	30	90:10	T(30)K90	15	19	24	25	25
		70:30	T(30)K70	15	17	27	33	41
		50:50	T(30)K50	12	15	25	31	32

Penurunan *volatile solid* setiap 6 hari menunjukkan terjadinya proses degradasi kandungan organik oleh bakteri anaerob. Penurunan *total solid* ditandai dengan terbentuknya biogas pada reaktor yang dapat dilihat dari volume kumulatif setiap 6 hari. Pada Gambar 4.5(a) degradasi *total solid* tertinggi selama 30 hari pada reaktor dengan *total solid* 10% dan dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70.

Degradasi VS pada reaktor P(10)K70 sebanyak 72% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 439 ml. Selanjutnya degradasi VS pada reaktor P(10)K90 sebanyak 66% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 383 ml. Degradasi pada reaktor P(10)K50 sebanyak 59% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 193 ml. Pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam 70:30 (% w/w) menghasilkan degradasi *volatile solid* lebih tinggi, hal ini disebabkan jumlah bakteri dan nutrient berada pada porsi yang seimbang. Pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam 50:50 (% w/w) degradasi *volatile solid* jauh lebih sedikit. Walaupun substrat yang merupakan sumber nutrisi bakteri anaerob yang tersedia pada reaktor banyak, tetapi bakteri belum tentu dalam kondisi yang baik dan dapat mendegradasi substrat (Zahara, 2014).



(a)



(b)

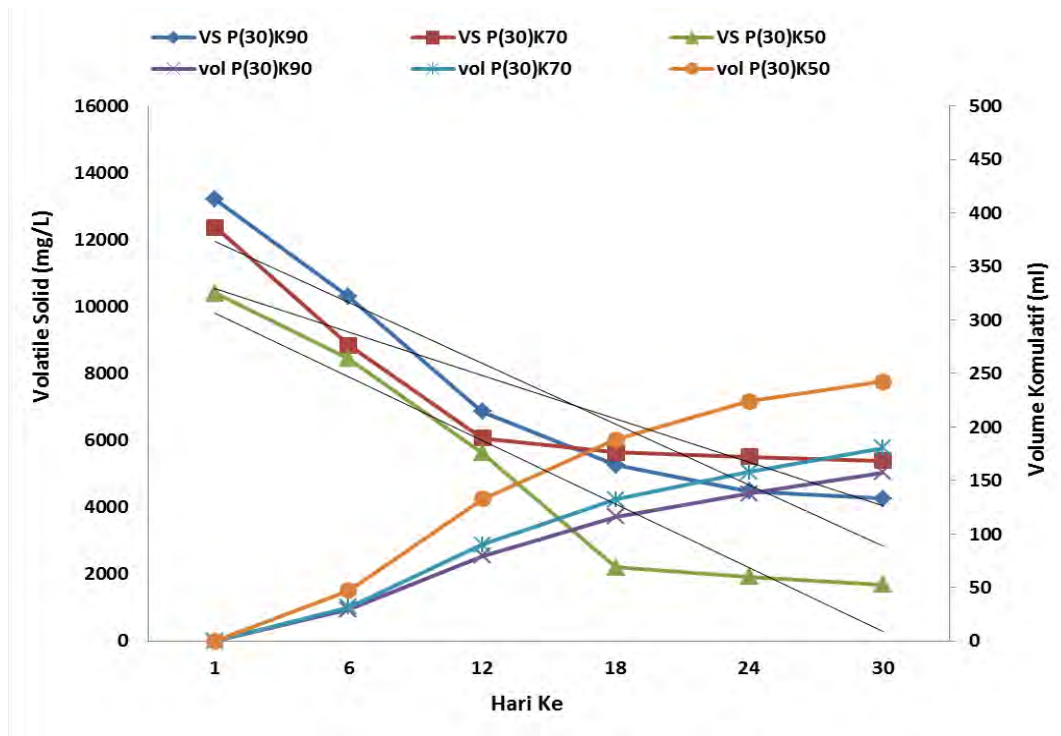
Gambar 4.5 Kondisi VS Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Volatile solid* 10%

(a) *Pretreatment* , (b) *Tanpa Pretreatment*

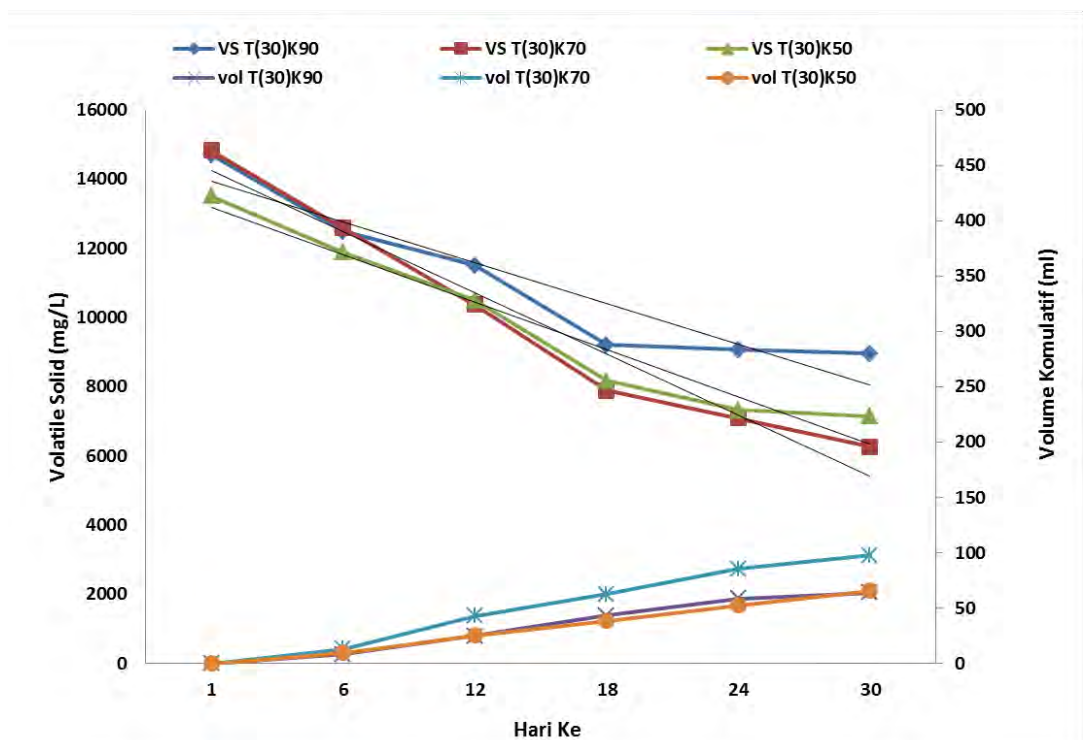
Pada Gambar 4.5(b) degradasi *volatile solid* tertinggi selama 30 hari pada reaktor dengan *total solid* 10% dan tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(10)K70. Degradasi *volatile solid* tersebut sebanyak 64% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 366 ml. Pada komposisi yang sama yaitu eceng gondok berbanding kotoran ayam 70:30 (% w/w), degradasi *volatile solid* lebih kecil dibandingkan pada reaktor P(10)K70 yang mendapat perlakuan *pretreatment*. Perlakuan *pretreatment* pada eceng gondok memberikan pengaruh jumlah degradasi *volatile solid* dan volume biogas yang terbentuk.

Pada Gambar 4.6(a) degradasi *volatile solid* tertinggi selama 30 hari pada reaktor dengan *total solid* 30% dan dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K50. Degradasi *volatile solid* tersebut sebanyak 62% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 242 ml. Selanjutnya degradasi *volatile solid* pada reaktor P(30)K70 sebanyak 55% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 180 ml. Degradasi pada reaktor P(10)K90 sebanyak 52% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 157 ml. Pada reaktor P(30)K50 komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam 50:50 (% w/w) degradasi *volatile solid* jauh lebih besar daripada reaktor P(30)K90 dan P(30)K50 dengan komposisi eceng gondok yang lebih besar. Hal ini disebabkan, karena keseimbangan antara pada reaktor P(30)K50 kotoran ayam yang merupakan sumber bakteri lebih banyak. Dengan banyaknya jumlah bakteri yang terdapat pada reaktor, maka substrat akan lebih banyak terdegradasi.

Pada Gambar 4.6(b) degradasi *volatile solid* tertinggi selama 30 hari pada reaktor dengan *total solid* 30% dan tanpa *pretreatment* terdapat pada reaktor T(30)K70. Degradasi *volatile solid* tersebut sebanyak 41% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 97 ml. Pada komposisi yang sama yaitu eceng gondok berbanding kotoran ayam 70:30 (% w/w), reaktor T(30)K70 degradasi *volatile solid* lebih kecil dibandingkan pada dengan reaktor P(30)K70 degradasi *volatile solid* sebanyak 55% dan volume kumulatif 180 ml. Perlakuan *pretreatment* pada eceng gondok memberikan pengaruh terhadap jumlah *volatile solid* yang terdegradasi dan volume biogas yang terbentuk.



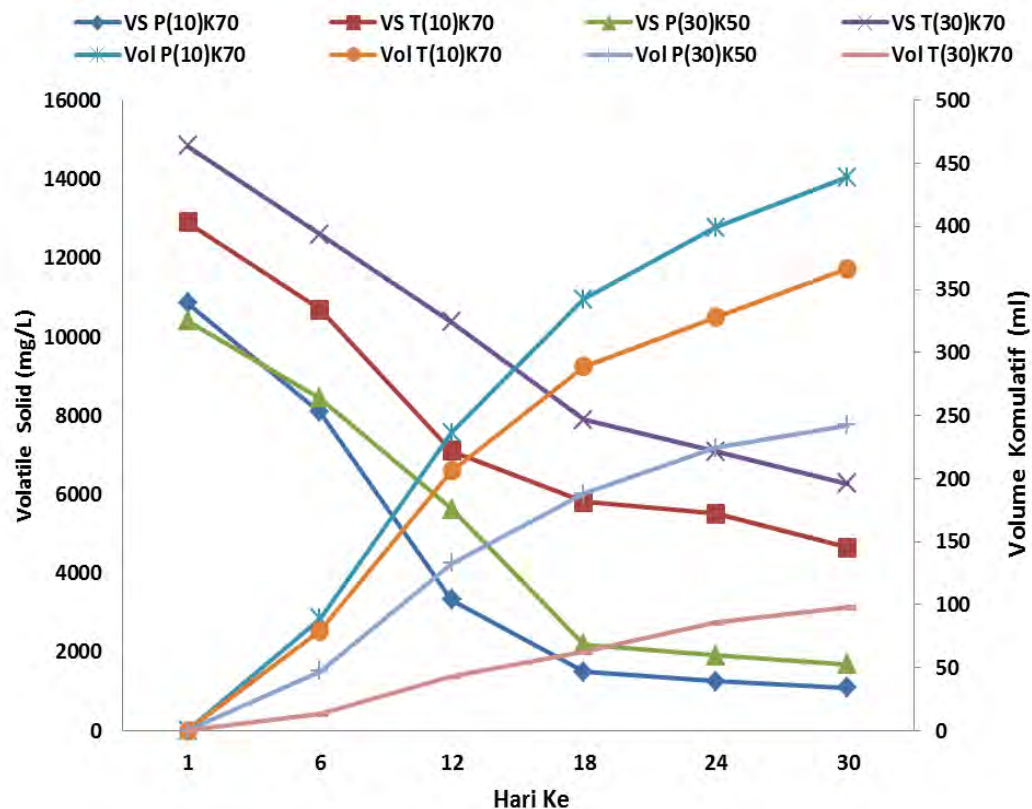
(a)



(b)

Gambar 4.6 Kondisi VS Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Volatile solid* 30%

(a) *Pretreatment* , (b) *Tanpa Pretreatment*



Gambar 4.7 Kondisi VS Terhadap Pembentukan Biogas Terbaik

Pada Gambar 4.7 degradasi *volatile solid* tertinggi selama 30 hari terdapat pada reaktor dengan *total solid* 10% yaitu pada reaktor P(10)K70. Degradasi *volatile solid* tersebut sebanyak 72% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 439 ml. Kemudian diikuti pada reaktor T(10)K70 dengan degradasi *volatile solid* sebanyak 64% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 366 ml. Degradasi *volatile solid* tertinggi selama 30 hari terdapat pada reaktor dengan *total solid* 30% yaitu pada reaktor P(30)K50. Degradasi *volatile solid* pada reaktor P(30)K50 sebanyak 62% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 242 ml. Selanjutnya diikuti pada reaktor T(30)K70 dengan degradasi *volatile solid* sebanyak 41% dan menghasilkan volume kumulatif sebesar 97 ml. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Chotimah dkk., (2011) penurunan *volatile solid* berkisar antara 28-70%. Degradasi tertinggi *volatile solid* terdapat pada reaktor dengan *total solid* 10 % dan kadar air 90%. *Pretreatment* memberikan pengaruh terhadap degradasi *total solid*. Reaktor dengan perlakuan *pretreatment* hasil degradasi *volatile solid* dan

volume kumulatifnya akan lebih tinggi daripada pada reaktor tanpa *pretreatment*. *Pretreatment* menjadikan struktur fisik eceng gondok menjadi lebih halus sehingga mudah untuk dicerna oleh bakteri pengurai.

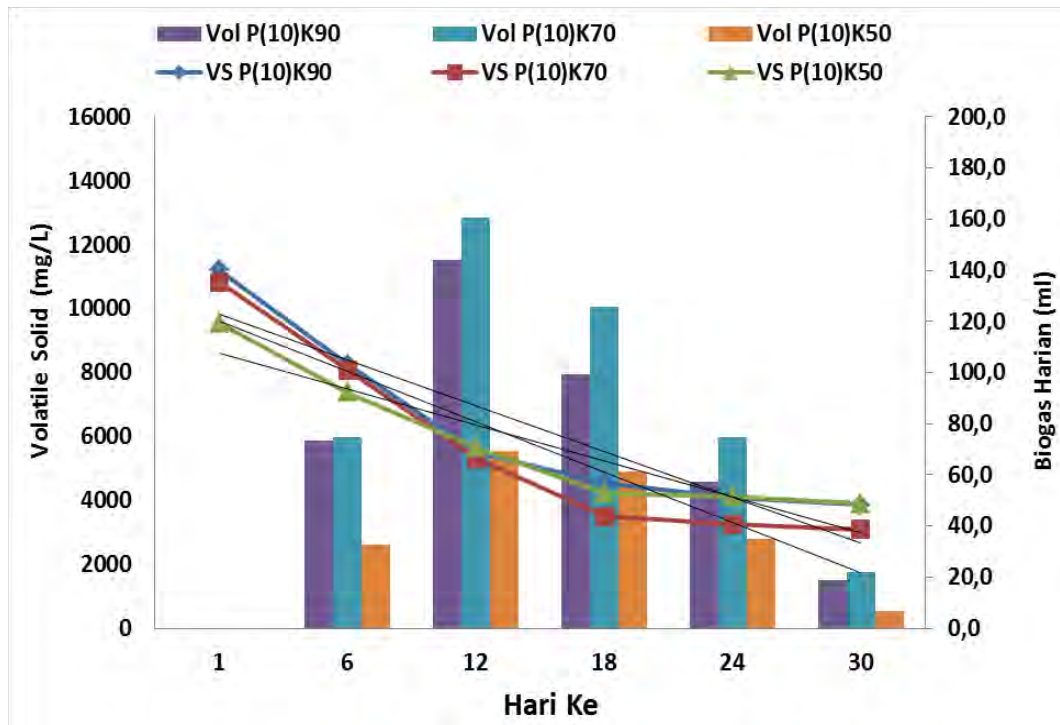
4.5.4 Laju Penurunan *Volatile solid* Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Total solid* 10%

Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor dengan *total solid* 10% dapat dilihat dengan menggunakan persamaan linear pada Gambar 4.8(a) dan Gambar 4.8(b). Untuk mengetahui laju penurunan tersebut dapat dilihat dari nilai b pada persamaan linear yang didapat (Tabel 4.6).

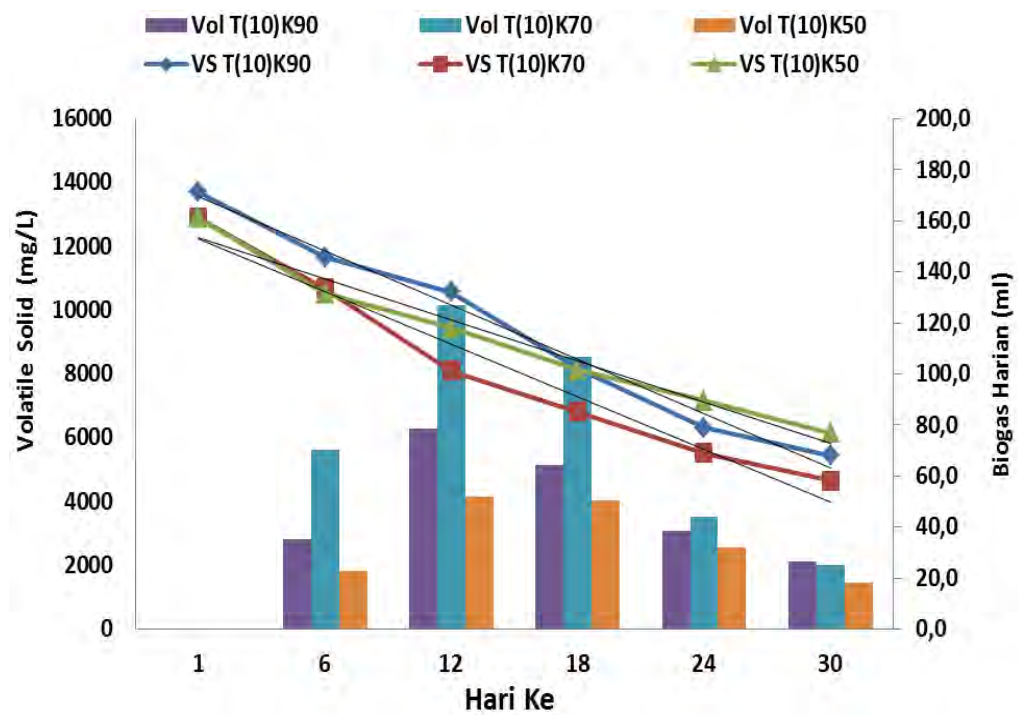
Tabel 4.6 Laju Penurunan *Volatile solid* Pada Reaktor Dengan *Total solid* 10%

Perlakuan	Komposisi % (w/w)	Kode	Laju Degradasi VS	R ²
Pretreatment	90:10	P(10)K90	$y = -2392,7x + 24099$	0,9895
	70:30	P(10)K70	$y = -2639x + 21466$	0,9895
	50:50	P(10)K50	$y = -2044,3x + 18005$	0,9787
Tanpa Pretreatment	90:10	T(10)K90	$y = -1332,7x + 20102$	0,9949
	70:30	T(10)K70	$y = -2128,4x + 17777$	0,9949
	50:50	T(10)K50	$y = -1221,6x + 18421$	0,9229

Laju penurunan *volatile solid* tertinggi dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70. Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor P(10)K70 dengan nilai b sebesar $-2639x$ menghasilkan volume harian tertinggi sebesar 160 ml di hari ke 12. Pada hari ke 6 sampai hari ke 12 terjadi peningkatan degradasi *volatile solid* yang ditandai dengan kenaikan volume biogas harian. Aktivitas bakteri anaerob mendegradasi *volatile solid* tertinggi terjadi pada hari 12 yang ditandai dengan terbentuknya volume biogas harian tertinggi. Aktivitas bakteri anaerob mengalami penurunan dari hari ke 18 sampai hari ke 30. Penurunan aktivitas bakteri tersebut ditandai dengan penurunan pembentukan volume biogas harian. Pembentukan biogas harian di hari ke 18 sebesar 125 ml. Pembentukan biogas harian di hari ke 24 sebesar 74 ml. Pembentukan biogas harian di hari ke 30 sebesar 22 ml.



(a)



(b)

Gambar 4.8 Laju Penurunan *Volatile solid* Pada Reaktor Dengan *Total solid* 10%

(a) *Pretreatment* , (b) Tanpa *Pretreatment*

Penurunan pembentukan volume biogas harian terjadi karena aktifitas degradasi *volatile solid* oleh bakteri yang semakin menurun. *Volatile solid* yang tersedia di hari ke 18 sampai hari ke 30 semakin sedikit sehingga volume biogas harian juga akan menurun. Pada hari ke 18 sampai hari ke 30 bakteri berada pada fase stasioner dimana laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya. Bakteri cenderung menggunakan substrat untuk bertahan hidup daripada memproduksi asam organik dan biogas.

Laju penurunan *volatile solid* tertinggi tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(10)K70. Laju degradasi VS pada reaktor T(10)K70 dengan nilai b sebesar $-2128,4x$ menghasilkan volume harian tertinggi sebesar 126 ml di hari ke 12. Pada hari ke 6 sampai hari ke 12 terjadi peningkatan pembentukan volume biogas harian yang puncaknya terjadi pada hari ke 12. Aktivitas bakteri anerob mengalami penurunan dari hari ke 18 sampai hari ke 30. Penurunan aktivitas bakteri tersebut ditandai dengan penurunan pembentukan volume biogas harian. Pembentukan biogas harian di hari ke 18 sebesar 106 ml. Pembentukan biogas harian di hari ke 24 sebesar 44 ml. Pembentukan biogas harian di hari ke 30 sebesar 24 ml. Penurunan pembentukan volume biogas harian terjadi karena jumlah *volatile solid* yang tersedia menurun. Pada hari ke 18 sampai hari ke 30 bakteri berada pada fase stasioner dimana pembentukan sel bakteri berkurang. Sisa nutrisi yang tersedia digunakan bakteri untuk bertahan hidup daripada memperbanyak diri dan membentuk biogas.

Pada komposisi yang sama yaitu eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 % w/w), laju degradasi *volatile solid* pada reaktor P(10)K70 lebih tinggi dibandingkan pada reaktor T(10)K70. Hal ini menunjukkan laju degradasi lebih cepat terjadi pada reaktor yang mendapat perlakuan *pretreatment*. *Pretreatment* dengan NaOH dapat memecah struktur lignin dan hemiselulosa yang terdapat pada eceng gondok (Dawson dan Boopathy, 2008; Singh dan Bishnoi, 2013; Monlau *et al.*, 2012) sehingga *volatile solid* dapat didegradasi lebih banyak dan laju degradasi semakin meningkat.

4.5.5 Laju Penurunan *Volatile solid* Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Total solid* 30%

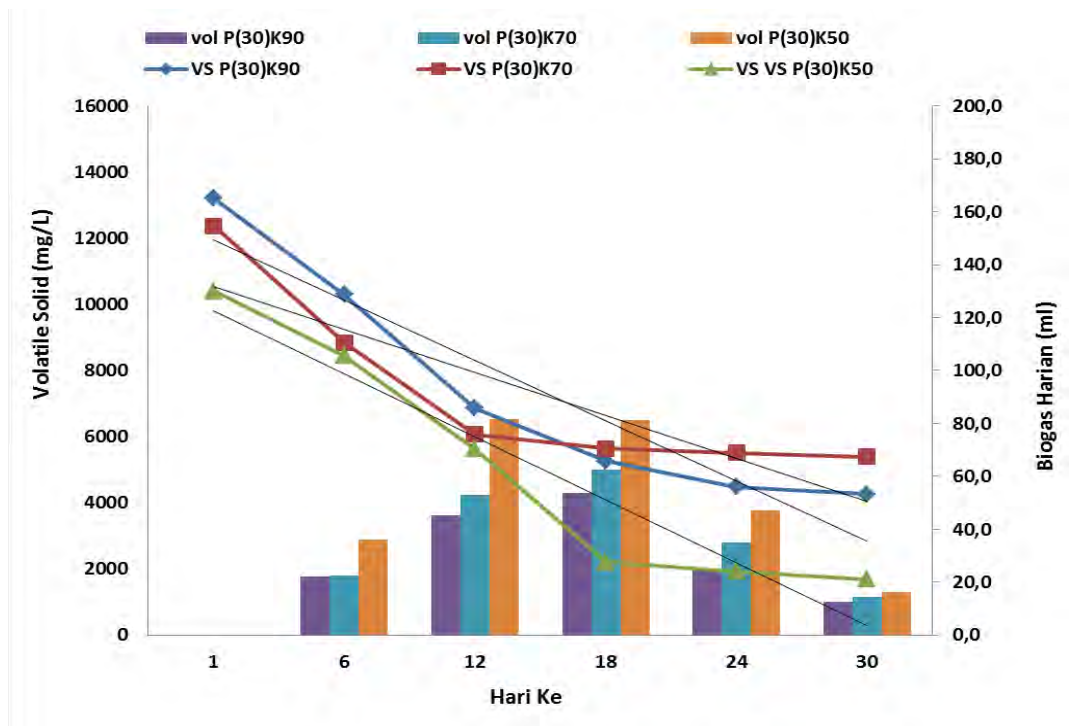
Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor dengan *total solid* 30% dapat dilihat dengan menggunakan persamaan linear pada Gambar 4.9(a) dan Gambar 4.9(b). Untuk mengetahui laju penurunan tersebut dapat dilihat dari nilai b pada persamaan linear yang didapat (Tabel 4.7).

Tabel 4.7 Laju Penurunan *Volatile solid* Pada Reaktor Dengan *Total solid* 30%

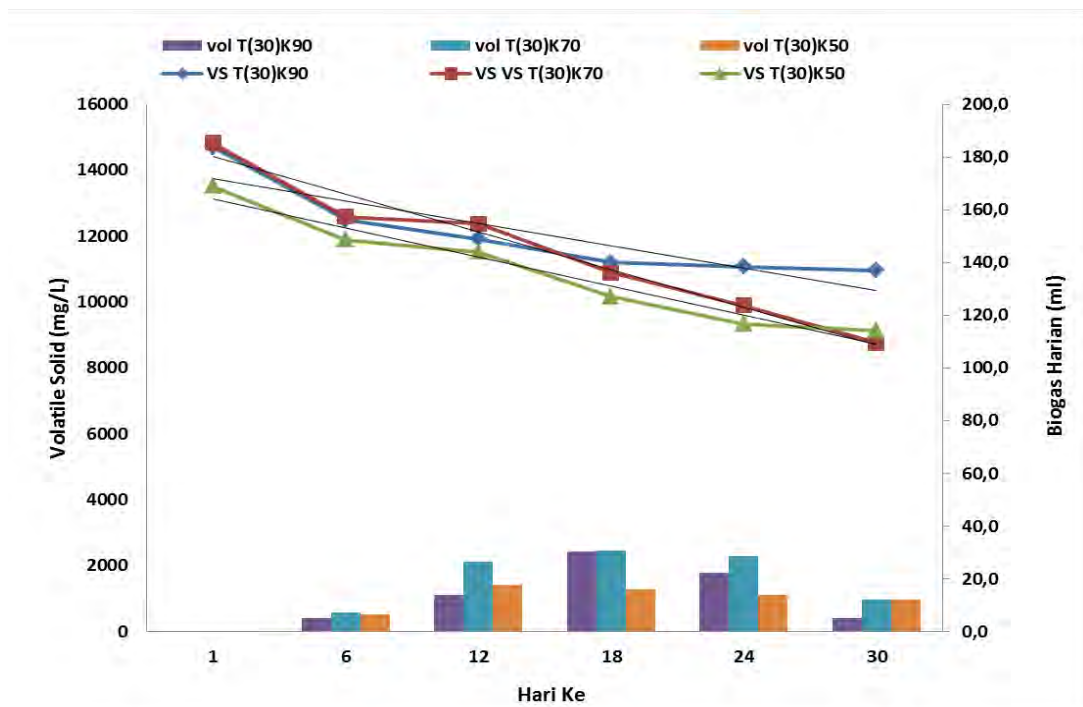
Perlakuan	Komposisi % (w/w)	Kode	Laju Degradasi VS	R ²
Pretreatment	90:10	P(30)K90	$y = -1671,6x + 20898$	0,9975
	70:30	P(30)K70	$y = -1777,7x + 25595$	0,9854
	50:50	P(30)K50	$y = -2044,3x + 18005$	0,9787
Tanpa Pretreatment	90:10	T(30)K90	$y = -1332,7x + 20102$	0,9949
	70:30	T(30)K70	$y = -1571,9x + 23554$	0,9715
	50:50	T(30)K50	$y = -1540,6x + 36027$	0,9613

Laju penurunan *volatile solid* tertinggi dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K50. Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor P(10)K50 dengan nilai b sebesar -2044,3x menghasilkan volume gas harian tertinggi sebesar 81 ml pada hari ke 18. Pada hari ke 6 sampai hari ke 18 terjadi peningkatan degradasi *volatile solid* yang ditandai dengan kenaikan volume biogas harian. Aktivitas bakteri anaerob mendegradasi *volatile solid* tertinggi terjadi pada hari 18 yang ditandai dengan terbentuknya volume biogas harian tertinggi.

Aktivitas bakteri anaerob mengalami penurunan dari hari ke 24 sampai hari ke 30. Penurunan aktivitas bakteri tersebut ditandai dengan penurunan pembentukan volume biogas harian. Pembentukan biogas harian di hari ke 24 sebesar 47 ml. Pembentukan biogas harian di hari ke 30 sebesar 16 ml. Penurunan pembentukan volume biogas harian terjadi karena aktivitas degradasi *volatile solid* oleh bakteri yang semakin menurun. *Volatile solid* yang tersedia di hari ke 24 sampai hari ke 30 semakin sedikit yang menunjukkan aktivitas bakteri semakin menurun.



(a)



(b)

Gambar 4.9 Laju Penurunan *Volatile solid* Pada Reaktor Dengan *Total solid* 30%

(a) *Pretreatment* , (b) *Tanpa Pretreatment*

Penurunan aktifitas bakteri berakibat pada penurunan produksi biogas harian. Pada hari ke 24 sampai hari ke 30 bakteri berada pada fase stasioner dimana laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya. Bakteri cenderung menggunakan substrat untuk bertahan hidup daripada memproduksi asam organik dan biogas.

Laju penurunan *volatile solid* tertinggi tanpa *pretreatment* terdapat pada reaktor T(30)K70. Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor T(30)K70 dengan nilai b sebesar $-1571,9x$ menghasilkan pembentukan biogas harian tertinggi sebesar 30 ml di hari ke 18. Pada hari ke 6 sampai hari ke 18 terjadi peningkatan pembentukan volume biogas harian yang puncaknya terjadi pada hari ke 18. Aktivitas bakteri anerob mengalami penurunan dari hari ke 24 sampai hari ke 30. Penurunan aktivitas bakteri tersebut ditandai dengan penurunan pembentukan volume biogas harian. Pembentukan biogas harian di hari ke 24 sebesar 28 ml. Pembentukan biogas harian di hari ke 30 sebesar 12 ml.

Penurunan pembentukan volume biogas harian terjadi karena jumlah *volatile solid* yang tersedia menurun. Pada hari ke 18 sampai hari ke 30 bakteri berada pada fase stasioner dimana pembentukan sel bakteri berkurang. Sisa nutrisi yang tersedia digunakan bakteri untuk bertahan hidup daripada memperbanyak diri dan membentuk biogas. Pada reaktor P(30)K50 laju degradasi *volatile solid* lebih tinggi dibandingkan pada reaktor P(30)K70. Hal ini disebabkan pada reaktor P(30)K50 jumlah bakteri yang bersumber dari kotoran ayam lebih banyak daripada reaktor P(30)K70. Pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (50:50 % w/w), laju degradasi *volatile solid* pada reaktor P(30)K50 lebih tinggi dibandingkan pada reaktor T(30)K50. *Pretreatment* pada bahan memberikan pengaruh terhadap laju degradasi eceng gondok. Pada reaktor tanpa perlakuan *pretreatment*, kandungan lignin dan selulosa yang masih tinggi tidak dapat optimal didegradasi oleh bakteri sehingga memperlambat proses degradasi dan volume yang dihasilkan lebih sedikit.

4.5.6 Laju Penurunan *Volatile solid* Terbaik Terhadap Pembentukan Biogas Pada *Total Solid* 10% dan *Total Solid* 30%

Laju degradasi *volatile solid* terbaik pada pada reaktor dengan *total solid* 10% dan 30% dapat dilihat dari nilai *b* pada persamaan linear yang didapat (Tabel 4.8).

Tabel 4.8 Laju Penurunan *Volatile Solid* Terbaik

Perlakuan	Komposisi % (w/w)	Kode	Laju Degredasi VS	R ²
Pretreatment	70:30	P(10)K70	$y = -2639x + 21466$	0,9895
Tanpa Pretreatment	70:30	T(10)K70	$y = -2128,4x + 17777$	0,9949
Pretreatment	50:50	P(30)K50	$y = -2044,3x + 18005$	0,9787
Tanpa Pretreatment	70:30	T(30)K70	$y = -1332,7x + 20102$	0,9949

Pada Tabel 4.8 laju penurunan *volatile solid* tertinggi selama 30 hari terdapat pada reaktor P(10)K70. Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor P(10)K70 dengan nilai *b* sebesar -2639x menghasilkan volume biogas harian sebesar 160 ml. Selanjutnya laju penurunan *volatile solid* tertinggi tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(10)K70. Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor T(10)K70 dengan nilai *b* sebesar -2128,4x menghasilkan volume biogas harian sebesar 126 ml. Laju penurunan *volatile solid* tertinggi dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K50. Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor P(10)K50 dengan nilai *b* sebesar -2044,3x menghasilkan volume biogas harian sebesar 81 ml. Laju penurunan *volatile solid* tertinggi tanpa *pretreatment* terdapat pada reaktor T(30)K70. Laju degradasi *volatile solid* pada reaktor T(30)K70 dengan nilai *b* sebesar -1571,9x menghasilkan volume biogas harian sebesar 30 ml. Laju degradasi tertinggi *volatile solid* terdapat pada reaktor dengan *total solid* 10 %. Reaktor dengan perlakuan *pretreatment*, degradasi *volatile solid*, dan volume biogas harian akan lebih tinggi daripada pada reaktor tanpa *pretreatment*. *Pretreatment* menjadikan dapat menghilangkan lignin pada eceng gondok sehingga mudah untuk dicerna oleh bakteri anaerob. Laju degradasi *total solid* akan optimal pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 % w/w).

Laju penurunan *volatile solid* pada reaktor dengan *total solid* 10% mengalami penurunan di hari ke 18 sampai hari ke 30. Hal ini terjadi karea

substrat yang tersedia mulai habis, oleh sebab itu di hari ke 18 perlu dimasukkan umpan baru ke dalam reaktor. Laju penurunan *volatile solid* pada reaktor dengan total solid 30% mengalami penurunan di hari ke 24 sampai hari ke 30. Hal ini terjadi karena substrat yang tersedia mulai habis, oleh sebab itu di hari ke 24 perlu dimasukkan umpan baru ke dalam reaktor. Terdapat perbedaan kecepatan penurunan *volatile solid* pada reaktor karena pada reaktor dengan total solid 10% lebih bersifat *liquid* (encer) dengan kadar air 90%. Sedangkan pada reaktor dengan total solid 30% lebih bersifat *slurry* (kental) dengan kadar air 70%. Reaktor dengan total solid 30% komposisi padatannya lebih banyak dibandingkan reaktor dengan total solid 10%.

4.6 Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Pembentukan Gas

Komposisi campuran bahan pada proses biogas sangat penting. Dari komposisi campuran dapat dilihat pembentukan maksimal biogas yang dihasilkan. Komposisi campuran merupakan sumber makanan mikroorganisme yang terdapat dalam reaktor biogas. Selain itu, komposisi campuran juga mempengaruhi ratio C/N pada reaktor. Ratio C/N yang optimal pada proses pembentukan biogas berkisar dari 20-30. Pada penelitian ini komposisi campuran bahan berupa eceng gondok dan kotoran ayam. Eceng gondok merupakan sumber karbon utama selain kotoran ayam. Penambahan kotoran ayam berfungsi sebagai penyeimbang kandungan campuran dan sebagai sumber bakteri anaerob. Keseimbangan campuran bahan akan mempengaruhi keberadaan bakteri yang terdapat pada reaktor. Aktivitas bakteri akan terhambat apabila terjadi kelebihan unsur karbon dan nitrogen pada campuran bahan sehingga mempengaruhi pembentukan biogas.

Pada Tabel 4.9 dapat dilihat, pembentukan biogas tertinggi pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (90:10 % w/w) selama 30 hari adalah pada reaktor P(10)K90 sebesar 383,8 ml. Selanjutnya diikuti pada reaktor T(10)K90 sebesar 240 ml, reaktor P(30)K90 sebesar 157,3 ml dan reaktor T(30)K90 sebesar 64,2 ml. Pengaruh *pretreatment* terhadap pembentukan gas pada komposisi (90:10 % w/w) dapat dilihat dengan membandingkan reaktor P(10)K90 dengan T(10)K90 dan reaktor P(30)K90 dengan T(30)K90. Hasil biogas pada reaktor P(10)K90 lebih tinggi daripada T(10)K90 dan hasil P(30)K90

lebih tinggi daripada T(30)K90. Hasil pembentukan biogas dengan perlakuan *pretreatment* lebih tinggi daripada tanpa *pretreatment*. *Pretreatment* eceng gondok memberikan pengaruh terhadap pembentukan biogas. Pengaruh *total solid* terhadap pembentukan gas pada komposisi (90:10 % w/w) dapat dilihat dengan membandingkan reaktor P(10)K90 dengan P(30)K90 dan reaktor T(10)K90 dengan T(30)K90. Hasil biogas pada reaktor P(10)K90 lebih tinggi daripada reaktor P(30)K90 dan hasil reaktor T(10)K90 lebih tinggi daripada T(30)K90. Hasil pembentukan biogas dengan perlakuan *total solid* 10% hasilnya lebih tinggi daripada perlakuan *total solid* 30%.

Tabel 4.9 Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Pembentukan Biogas

Perlakuan	Komposisi % (w/w)	Eceng Gondok (gram)	Kotoran Ayam (gram)	Reaktor	Volume (ml)
Dengan Pre- treatment	90:10	550	75	P(10)K90	383,8
	70:30	450	225	P(10)K70	439,1
	50:50	350	375	P(10)K50	193,5
	90:10	550	75	P(30)K90	157,3
	70:30	450	225	P(30)K70	180,1
	50:50	350	375	P(30)K50	242,4
Tanpa Pre- treatment	90:10	1650	225	T(10)K90	240,0
	70:30	1350	675	T(10)K70	366,7
	50:50	1050	1125	T(10)K50	168,7
	90:10	1650	225	T(30)K90	64,2
	70:30	1350	675	T(30)K70	97,6
	50:50	1050	1125	T(30)K50	65,7

Pembentukan biogas tertinggi pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 % w/w) selama 30 hari adalah pada reaktor P(10)K70 sebesar 439,1 ml. Selanjutnya di ikuti pada reaktor T(10)K70 sebesar 366,7 ml, reaktor P(30)K70 sebesar 180,1 ml dan reaktor T(30)K70 sebesar 97,6 ml. Pengaruh *pretreatment* terhadap pembentukan gas pada komposisi (70:30 % w/w) dapat dilihat dengan membandingkan reaktor P(10)K70 dengan T(10)K70 dan reaktor P(30)K70 dengan T(30)K70. Hasil biogas pada reaktor P(10)K70 lebih tinggi daripada T(30)K70 dan hasil P(30)K70 lebih tinggi daripada T(30)K70. Hasil pembentukan biogas dengan perlakuan *pretreatment* lebih tinggi daripada

tanpa *pretreatment*. *Pretreatment* eceng gondok memberikan pengaruh terhadap pembentukan biogas. Pengaruh perlakuan *total solid* terhadap pembentukan gas pada komposisi (90:10 % w/w) dapat dilihat dengan membandingkan reaktor P(10)K70 dengan P(30)K70 dan reaktor T(10)K70 dengan T(30)K70. Hasil biogas pada reaktor P(10)K70 lebih tinggi daripada reaktor P(30)K70 dan hasil reaktor T(10)K90 lebih tinggi daripada T(30)K90. Hasil pembentukan biogas dengan perlakuan *total solid* 10% hasilnya lebih tinggi daripada perlakuan *total solid* 30%.

Pembentukan biogas tertinggi pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (50:50 % w/w) selama 30 hari adalah pada reaktor P(10)K50 sebesar 193,5 ml. Selanjutnya diikuti pada reaktor T(10)K50 sebesar 168,7 ml, reaktor P(30)K50 sebesar 242,4 ml dan reaktor T(30)K50 sebesar 65,7 ml. Pengaruh *pretreatment* terhadap pembentukan gas pada komposisi (50:50 % w/w) dapat dilihat dengan membandingkan reaktor P(10)K50 dengan T(10)K50 dan reaktor P(30)K50 dengan T(30)K50. Hasil biogas pada reaktor P(10)K50 lebih tinggi daripada T(10)K50 dan hasil P(30)K50 lebih tinggi daripada T(30)K70. Hasil pembentukan biogas dengan perlakuan *pretreatment* lebih tinggi daripada tanpa *pretreatment*. *Pretreatment* eceng gondok memberikan pengaruh terhadap pembentukan biogas. Pengaruh perlakuan *total solid* terhadap pembentukan gas pada komposisi (50:50 % w/w) dapat dilihat dengan membandingkan reaktor P(10)K50 dengan P(30)K50 dan reaktor T(10)K50 dengan T(30)K50. Hasil biogas pada reaktor P(10)K70 lebih tinggi daripada reaktor P(30)K70 dan hasil reaktor T(10)K90 lebih tinggi daripada T(30)K90. Hasil pembentukan biogas dengan perlakuan *total solid* 10% hasilnya lebih tinggi daripada perlakuan *total solid* 30%.

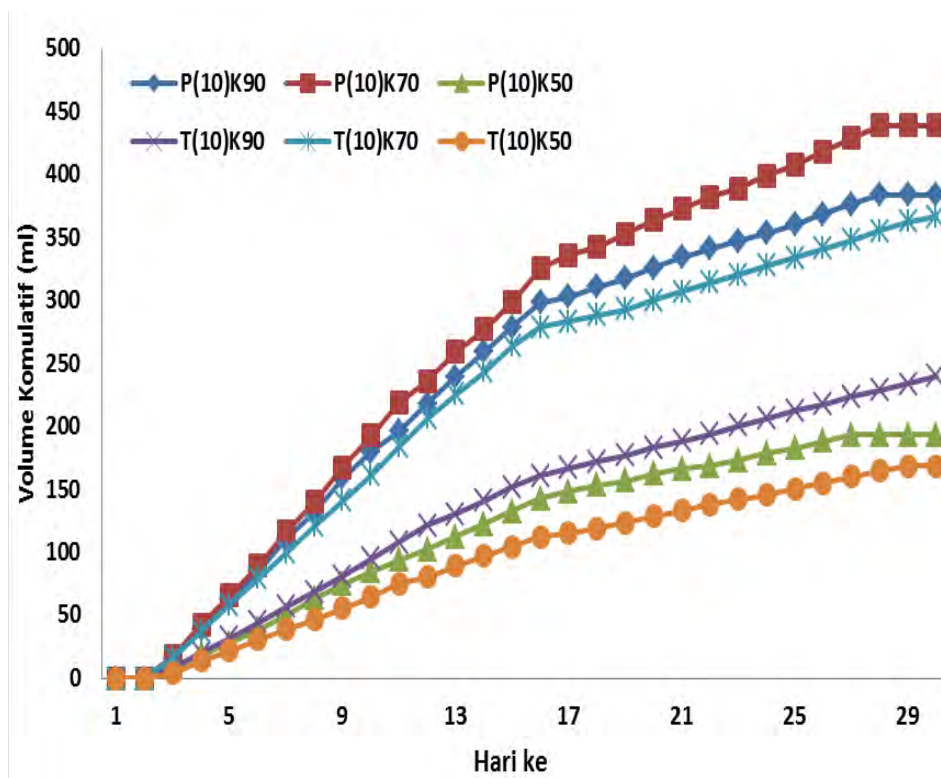
Untuk mengetahui perlakuan komposisi terhadap pembentukan biogas diperlukan pembandingan antar reaktor. Reaktor terbaik dengan perlakuan *total solid* 10% terdapat pada reaktor reaktor P(10)K70 sebesar 439,1 ml. Reaktor terbaik dengan perlakuan *total solid* 30% terdapat pada reaktor reaktor P(10)K50 sebesar ml 242,4. Komposisi terbaik terhadap pembentukan biogas terdapat pada reaktor dengan perbandingan eceng dengan kotoran ayam sebesar (70:30 % w/w) dan dengan perlakuan *pretreatment* pada *total solid* 10%.

4.7 Pengaruh *Pretreatment* Bahan Terhadap Pembentukan Gas

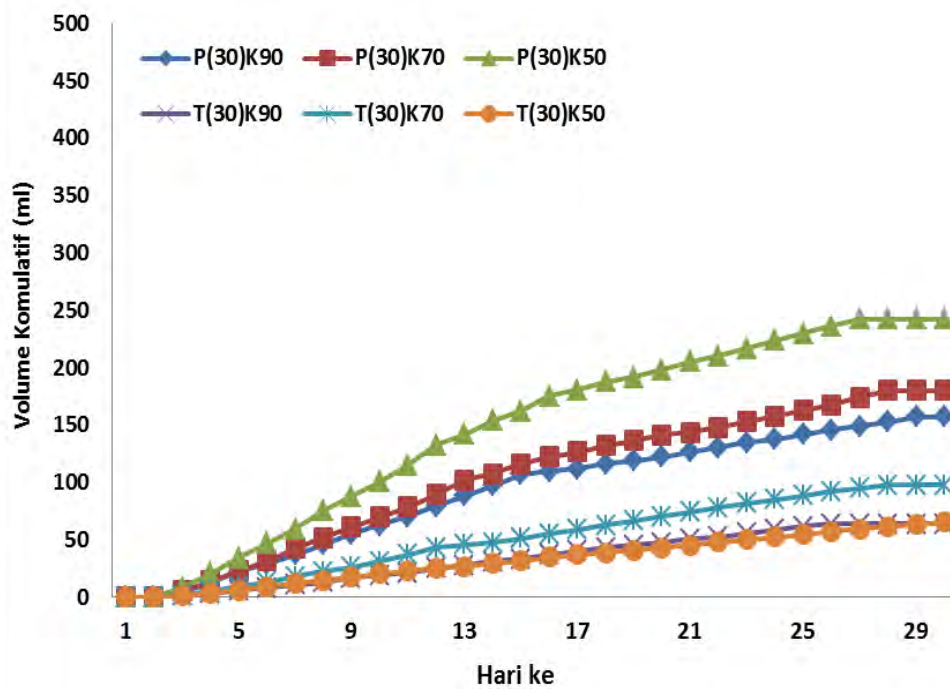
Biogas dapat dibuat dengan menggunakan eceng gondok, tetapi kendala yang dihadapi dalam pengolahan eceng gondok menjadi biogas adalah keberadaan lignoselulosa yang sulit untuk diuraikan dalam kondisi anaerobik lignin yang melindungi selulosa sekaligus sebuah penghalang bagi mikroorganisme untuk memproduksi enzim khususnya selulose. Pada Gambar 4.10(a) dan 4.10(b) dapat diketahui hasil biogas yang terbentuk dengan perlakuan *pretreatment* menggunakan NaOH dan tanpa *pretreatment*.

Pada Gambar 4.10(a) Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (90:10 % w/w) dan *total solid* 10% selama 30 hari adalah pada reaktor reaktor P(10)K90 sebesar 383,8 ml kemudian diikuti reaktor T(10)K90 sebesar 240 ml. Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 % w/w) dan *total solid* 10% selama 30 hari adalah P(10)K70 sebesar 439,1 ml kemudian diikuti reaktor T(10)K70 sebesar 366,7ml. Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (50:50 % w/w) dan *total solid* 10% selama 30 hari adalah P(10)K50 sebesar 193,5 ml kemudian diikuti reaktor T(10)K50 sebesar 168,7 ml. Pada komposisi yang sama dan *total solid* 10%, reaktor dengan perlakuan *pretreatment* memiliki pembentukan biogas yang lebih tinggi daripada tanpa perlakuan *pretreatment*.

Pada Gambar 4.10(b) pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (90:10 % w/w) dan *total solid* 30% selama 30 hari adalah pada reaktor reaktor P(30)K90 sebesar 157,3 ml kemudian diikuti reaktor T(30)K90 sebesar 64,2 ml. Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 % w/w) dan *total solid* 10% selama 30 hari adalah P(30)K70 sebesar 180,1 ml kemudian diikuti reaktor T(30)K70 sebesar 97,6 ml. Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (50:50 % w/w) dan *total solid* 10% selama 30 hari adalah P(30)K50 sebesar 242,4 ml kemudian diikuti reaktor T(30)K50 sebesar 65,7 ml. Pada komposisi yang sama dan *total solid* 30%, reaktor dengan perlakuan *pretreatment* memiliki pembentukan biogas yang lebih tinggi daripada tanpa perlakuan *pretreatment*. Secara keseluruhan, reaktor dengan komposisi (50:50 % w/w) dengan *total solid* 30% dan perlakuan *pretreatment* menghasilkan biogas terbanyak.



(a)



(b)

Gambar 4.10 Kondisi *Pretreatment* Terhadap Pembentukan Biogas

(a) *Total solid* 10% , (b) *Total solid* 30%

Untuk mengetahui perlakuan *pretreatment* terhadap pembentukan biogas diperlukan perbandingan antar reaktor. Reaktor terbaik dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70 sebesar 439,1 ml. Reaktor terbaik dengan perlakuan tanpa *pretreatment* terdapat pada reaktor T(10)K70 sebesar 366,7 ml. Perlakuan *pretreatment* terbaik terhadap pembentukan biogas terdapat pada reaktor dengan perbandingan eceng gondok dengan kotoran ayam sebesar (70:30 % w/w) dan dengan perlakuan *pretreatment* pada *total solid* 10%.

4.8 Pengaruh *Total solid* Terhadap Pembentukan Gas

Total solid bahan merupakan faktor yang menunjang kehidupan bakteri anaerob di dalam reaktor. *Total solid* bahan adalah campuran bahan yang dimasukkan ke dalam reaktor dengan persentase berat komposisi campuran berbanding dengan kadar air dalam reaktor. *Total solid* bahan dibagi menjadi 2 yaitu *low solid* dan *high solid*. *Low solid* adalah persentase campuran bahan dengan kadar air sebanyak (4-10 : 96-90 %w/w). *High solid* adalah persentase campuran bahan dengan kadar air sebanyak (22-35:78-65 %w/w) (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Pada penelitian ini menggunakan *total solid* 10% dan 30%. Untuk mengetahui pengaruh *total solid* terhadap pembentukan gas, dapat diketahui melalui Gambar 4.11(a) dan 4.11(b).

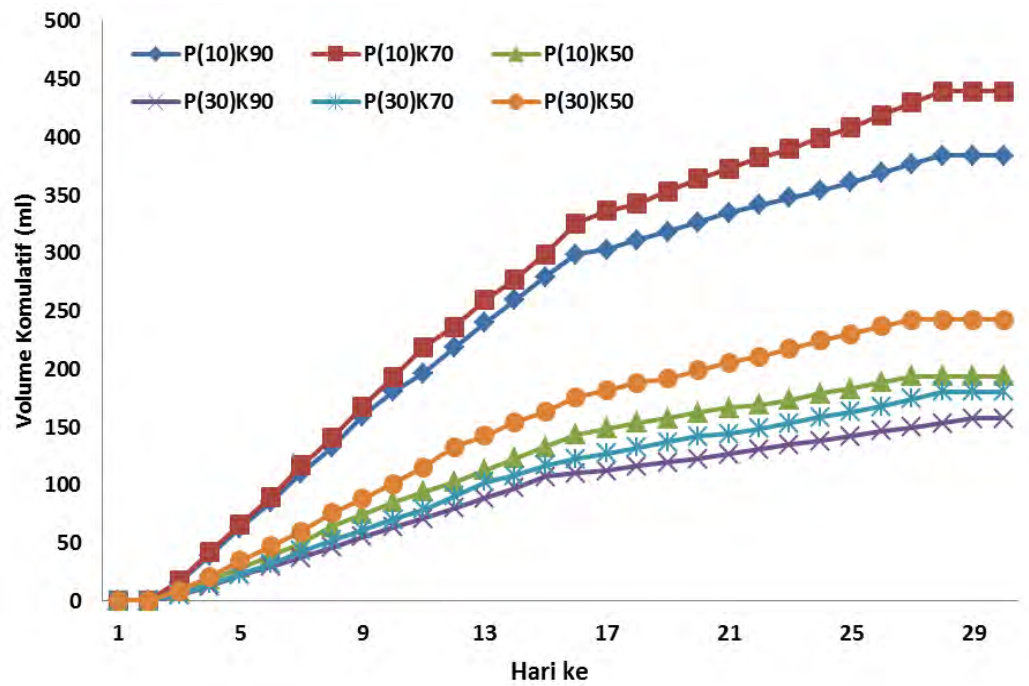
Pada Gambar 4.11(a) Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (90:10 % w/w) dan dengan *pretreatment* selama 30 hari adalah pada reaktor P(10)K90 sebesar 383,8 ml kemudian diikuti reaktor P(30)K90 sebesar 157,3 ml. Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 % w/w) dan dengan *pretreatment* selama 30 hari adalah P(10)K70 sebesar 439,1 ml kemudian diikuti reaktor P(30)K70 sebesar 180,1 ml. Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (50:50 % w/w) dan dengan *pretreatment* selama 30 hari adalah P(10)K50 sebesar 193,5 ml kemudian diikuti reaktor P(30)K50 sebesar 242,4 ml. Pada komposisi yang sama dan *total solid* 10%, reaktor dengan perlakuan *pretreatment* memiliki pembentukan biogas yang lebih tinggi daripada tanpa perlakuan *pretreatment*. *Total solid* 10% dan perlakuan *pretreatment* memiliki hasil lebih

tinggi dari reaktor dengan *total solid* 30%, kecuali pada reaktor P(10)K50 dengan P(30)K50. Pada komposisi yang sama dan dengan perlakuan pretreatment, hasil dari reaktor dengan *total solid* 30% lebih tinggi dari hasil *total solid* 10%. Secara keseluruhan, reaktor P(10)K70 dengan komposisi (70:30 % w/w), *total solid* 10% dan perlakuan *pretreatment* menghasilkan biogas terbanyak.

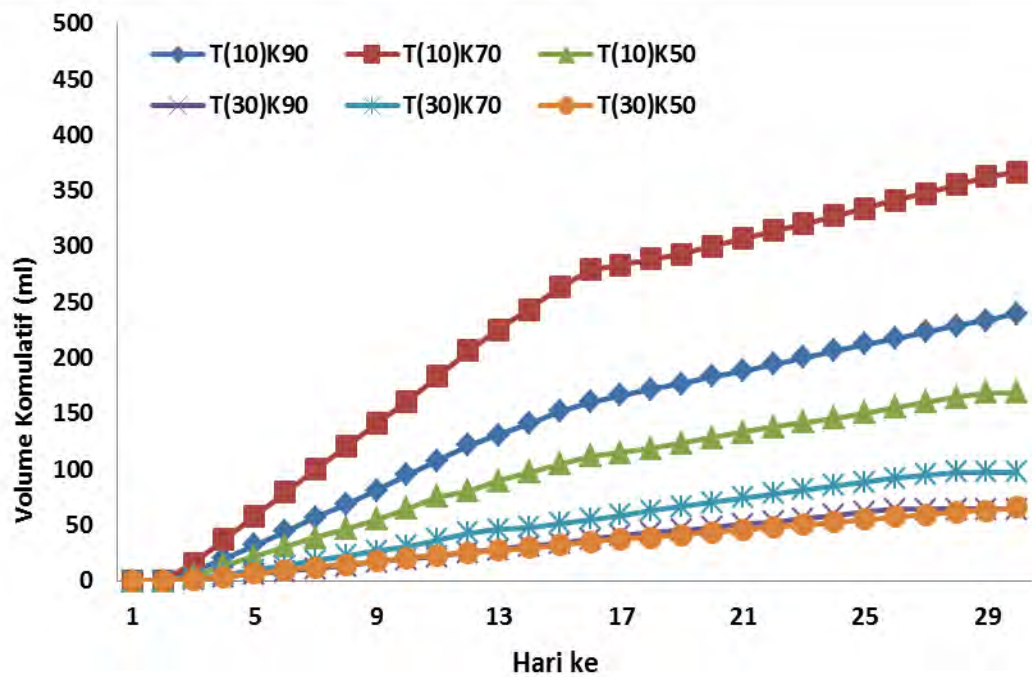
Pada Gambar 4.11 (b) Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (90:10 % w/w) dan tanpa *pretreatment* selama 30 hari adalah pada reaktor reaktor T(10)K90 sebesar 240 ml kemudian diikuti reaktor T(30)K90 sebesar 64,2 ml. Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 % w/w) dan tanpa *pretreatment* selama 30 hari adalah T(10)K70 sebesar 366,7 ml kemudian diikuti reaktor T(30)K70 sebesar 97,6 ml. Pembentukan biogas pada komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (50:50 % w/w) dan tanpa *pretreatment* selama 30 hari adalah T(10)K50 sebesar 168,7 ml kemudian diikuti reaktor T(30)K50 sebesar 65,7 ml.

Pada komposisi yang sama dan tanpa *pretreatment* reaktor dengan perlakuan *total solid* 10% memiliki pembentukan biogas yang lebih tinggi daripada dengan perlakuan *total solid* 30%. Secara keseluruhan, reaktor dengan komposisi (70:30 % w/w), *total solid* 10%, dan perlakuan *pretreatment* menghasilkan biogas terbanyak.

Untuk mengetahui perlakuan *total solid* terhadap pembentukan biogas diperlukan pembandingan antar reaktor. Reaktor terbaik dengan dengan perlakuan *total solid* 10% terdapat pada reaktor reaktor P(10)K70 sebesar 439,1 ml. Reaktor terbaik dengan dengan perlakuan *total solid* 30% terdapat pada reaktor reaktor P(30)K50 sebesar 242,4 ml. Perlakuan *pretreatment* terbaik terhadap pembentukan biogas terdapat pada reaktor dengan perbandingan eceng dengan kotoran ayam sebesar (70:30 % w/w), *total solid* 10%, dan dengan perlakuan *pretreatment*. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Felix (2012), perlakuan dengan konsentrasi total padatan 10% menghasilkan pembentukan biogas terbanyak daripada konsentrasi *total solid* yang lebih tinggi. Tingginya konsentrasi *total solid* menyebabkan kandungan air di dalam reaktor akan menjadi rendah sehingga menghambat aktivitas bakteri anaerob di dalam reaktor (Deublein, 2008).



(a)



(b)

Gambar 4.11 Kondisi *Total solid* Terhadap Pembentukan Biogas

(a) *pretreatment*, (b) Tanpa *pretreatment*

4.9 Pengaruh Komposisi, *Pretreatment* dan *Total solid* Terhadap Pembentukan Gas

Untuk mengetahui pengaruh tiap variabel terhadap pembentukan biogas dilakukan uji statistika dengan metode *analysis of variance* 3 arah (*Anova 3 ways*) dengan nilai signifikansi 5% (0,05) menggunakan perangkat lunak XLSat2014 dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11

Tabel 4.10 Pengaruh Variabel Terhadap Pembentukan Biogas

ANOVA						Keterangan	
Sources	SS	df	MS	F value	P value	F crit	Significant
A (pre-treatment)	386164,32	1	386164,32	5,62347107	0,01105387	3,86831885	Yes
B (TS)	949956,88	1	949956,88	133,926139	2,0041E-26	3,86831885	Yes
C (komposisi)	237186,019	2	118593,009	16,7193945	1,1664E-07	3,02166945	Yes
A x B	5886,37801	1	5886,37801	0,82986912	0,36294094	3,86831885	No
A x C	16093,034	2	8046,51702	1,13440829	0,32279871	3,02166945	No
B x C	355541,204	2	177770,602	25,0623274	6,7837E-11	3,02166945	Yes
A x B x C	73084,3097	2	36542,1548	5,15175985	0,00623881	3,02166945	Yes
error	2468412,79	348	7093,14019				:
Total	4492324,93	359					

SS : Sum of Square : Jumlah sebaran nilai dalam data dalam sebuah level faktor tertentu

dF : degree of freedom (derajat bebas) : jumlah amatan dari 3 variabel terikat

MS : Mean Suares : rata rata jumlah kuadrat

F value (F Hitung) : Nilai distribusi data

P Value : Nilai signifikasi data

F Crit (F Tabel) : Nilai pada signifikasi 5% atau 0,05

Pengaruh komposisi terhadap pembentukan biogas dapat dilihat dari nilai F yang merupakan nilai distribusi varian pada data. Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan nilai F sebesar 16,71 dan nilai F *crit* pada taraf 5% (0,05) sebesar 3,02. Dari hasil tersebut diketahui nilai $F > F_{crit}$. Data tersebut menunjukkan bahwa *pretreatment* berpengaruh nyata terhadap pembentukan biogas. Signifikansi data dilihat dari nilai P. Nilai $P < 0,05$ artinya terdapat perbedaan signifikan pemberian *pretreatment* terhadap pembentukan biogas. Pengaruh *pretreatment* terhadap pembentukan biogas dapat dilihat dari nilai F yang merupakan nilai distribusi varian pada data. Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan nilai F sebesar 5,62 dan nilai F *crit* pada taraf 5% (0,05) sebesar 3,86. Dari hasil tersebut diketahui nilai $F > F_{crit}$. Data tersebut menunjukkan bahwa *pretreatment* berpengaruh nyata terhadap pembentukan biogas. Signifikansi data dilihat dari nilai P value.

Tabel 4.11 Pengaruh Nilai Signifikansi Variasi Pada Anova Terhadap Pembentukan Biogas

Pre-treatment	TS	Komposisi	Rata rata
Dengan pre-reatment	10%	90:10	247,85
		70:30	275,69
		50:50	122,73
		Total	215,43
	30%	90:10	94,31
		70:30	106,60
		50:50	151,62
		Total	117,51
	Total	90:10	171,08
		70:30	191,14
		50:50	137,18
		Total	166,47
Tanpa Pre-reatment	10%	90:10	140,18
		70:30	229,57
		50:50	98,34
		Total	156,03
	30%	90:10	36,47
		70:30	53,95
		50:50	33,72
		Total	41,38
	Total	90:10	88,33
		70:30	141,76
		50:50	66,03
		Total	98,71
<i>Total solid</i>	10%	90:10	194,02
		70:30	252,63
		50:50	110,53
		Total	185,73
	30%	90:10	65,39
		70:30	80,28
		50:50	92,67
		Total	79,45
Komposisi	Total	90:10	129,70
		70:30	166,45
		50:50	101,60
		Total	132,59

Pengaruh *total solid* terhadap pembentukan biogas dapat dilihat dari nilai F yang merupakan nilai distribusi varian pada data. Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan nilai F sebesar 133,92 dan nilai Fcrit pada taraf 5% (0,05) sebesar 3,86. Dari hasil tersebut diketahui nilai $F > F_{crit}$. Data tersebut menunjukkan bahwa *total solid* berpengaruh sangat nyata terhadap pembentukan biogas. Signifikansi data dilihat dari nilai P. Nilai $P < 0,05$ artinya terdapat perbedaan signifikan pemberian *pretreatment* terhadap pembentukan biogas.

Pengaruh *pretreatment* dengan *total solid* terhadap pembentukan biogas dapat dilihat dari nilai F yang merupakan nilai distribusi varian pada data. Berdasarkan Tabel 4.11 didapatkan nilai F sebesar 0,82 dan nilai F crit pada taraf 5% (0,05) sebesar 3,86. Dari hasil tersebut diketahui nilai $F < F_{crit}$. Data tersebut menunjukkan bahwa *pretreatment* dengan *total solid* terhadap pembentukan biogas tidak berpengaruh nyata terhadap pembentukan biogas. Signifikansi data dilihat dari nilai P. Nilai $P > 0,05$ artinya tidak terdapat perbedaan signifikan pemberian *pretreatment* terhadap pembentukan biogas. Berdasarkan Tabel 4.11 diketahui perlakuan *pretreatment* dengan *total solid* 10% dan *pretreatment* dengan *total solid* 30% hasil nilai rata ratanya tidak berbeda nyata (signifikan) terhadap pembentukan biogas.

Pengaruh *pretreatment* dengan komposisi terhadap pembentukan biogas dapat dilihat dari nilai F yang merupakan nilai distribusi varian pada data. Berdasarkan Tabel 4.11 didapatkan nilai F sebesar 1,13 dan nilai F crit pada taraf 5% (0,05) sebesar 3,02. Dari hasil tersebut diketahui nilai $F < F_{crit}$. Data tersebut menunjukkan bahwa *pretreatment* dengan komposisi terhadap pembentukan biogas tidak berpengaruh nyata terhadap pembentukan biogas. Signifikansi data dilihat dari nilai P. Nilai $P > 0,05$ artinya tidak terdapat perbedaan signifikan pemberian *pretreatment* terhadap pembentukan biogas. Berdasarkan Tabel 4.10 diketahui perlakuan *pretreatment* dengan komposisi dan tanpa *pretreatment* dengan komposisi hasil nilai rata ratanya tidak berbeda nyata (signifikan) terhadap pembentukan biogas.

Pengaruh *total solid* dengan komposisi terhadap pembentukan biogas dapat dilihat dari nilai F yang merupakan nilai distribusi varian pada data. Berdasarkan Tabel 4.11 didapatkan nilai F sebesar 25,06 dan nilai F crit pada taraf

5% (0,05) sebesar 3,02. Dari hasil tersebut diketahui nilai $F > F_{crit}$. Data tersebut menunjukkan bahwa *total solid* dengan komposisi terhadap pembentukan biogas berpengaruh nyata terhadap pembentukan biogas. Signifikansi data dilihat dari nilai P value. Nilai $P < 0,05$ artinya terdapat perbedaan signifikan pemberian *pretreatment* terhadap pembentukan biogas. Berdasarkan Tabel 4.10 diketahui perlakuan *total solid* 10% dengan komposisi dan *total solid* 30% dengan komposisi hasil nilai rata ratanya berbeda nyata (signifikan) terhadap pembentukan biogas.

Pengaruh *pretreatment*, *total solid* dan komposisi terhadap pembentukan biogas dapat dilihat dari nilai F yang merupakan nilai distribusi varian pada data. Berdasarkan Tabel 4.11 didapatkan nilai Fvalue sebesar 5,15 dan nilai F_{crit} pada taraf 5% (0,05) sebesar 3,02. Dari hasil tersebut diketahui nilai Fvalue $> F_{crit}$. Data tersebut menunjukkan bahwa *pretreatment*, *total solid* dan komposisi terhadap pembentukan biogas berpengaruh nyata terhadap pembentukan biogas. Signifikansi data dilihat dari nilai P value. Nilai P value $< 0,05$ artinya terdapat perbedaan signifikan pemberian *pretreatment* terhadap pembentukan biogas. Berdasarkan Tabel 4.10 diketahui total rata rata *pretreatment* sebesar 166,47 lebih tinggi daripada total rata rata tanpa *pretreatment* sebesar 98,71. Total rata rata *total solid* 10% sebesar 185,73 lebih tinggi daripada total rata rata tanpa *pretreatment* sebesar 79,43. Nilai rata rata komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30) sebesar 166,45 lebih tinggi dari komposisi (90:10) sebesar 129,70 dan komposisi (50:50) sebesar 101,60. Dari uji statistik dapat diketahui perlakuan terbaik pada semua reaktor terhadap pembentukan biogas adalah reaktor dengan komposisi (70:30), dengan perlakuan *pretreatment* dan dengan *total solid* 10% pada reaktor P(10)K70.

4.10 Pengaruh Pembentukan Biogas Terhadap Kadar Metan

Pembentukan biogas dan kadar gas metan pada umumnya tergantung dari beberapa faktor seperti ratio C/N, pH, suhu, *volatile solid* dan kadar air (Simammora *et al.*, 2006). Pada penelitian ini suhu dan pH yang terbentuk dari proses anaerob dalam kondisi yang wajar sesuai dengan teori yang telah ada.

Berdasarkan Tabel 4.12 pada hari ke 15, gas komulatif tertinggi pada perlakuan *total solid* bahan 10% dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70 sebesar 298,7 ml. Selanjutnya diikuti pada reaktor P(10)K90 sebesar 278,9 ml dan P(10)K50 sebesar 132, 7 ml. Gas komulatif tertinggi pada perlakuan *total solid* bahan 10% tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(10)K70 sebesar 298,7 ml. Selanjutnya diikuti pada reaktor T(10)K90 sebesar 263,7 ml dan T(10)K50 sebesar 104,5 ml.

Tabel 4.12 Volume Komulatif dan Kadar Gas Metan di Hari ke 15 dan ke 30

Pre-treatment	TS (%)	Komposisi % (w/w)	Kode	Hari ke 1 Sampai ke 15		Hari ke 16 sampai ke 30	
				Volume Komulatif (ml)	Kadar metan (%)	Volume Komulatif (ml)	Kadar metan (%)
Dengan Pre-treatment	10	90:10	P(10)K90	278,9	11,6	383,8	3,2
		70:30	P(10)K70	298,7	20	439,1	4,5
		50:50	P(10)K50	132,7	6,1	193,5	1,4
	30	90:10	P(30)K90	107,0	1,8	157,3	1,3
		70:30	P(30)K70	116,5	2,2	180,1	3,2
		50:50	P(30)K50	162,5	4,5	242,4	2,2
Tanpa Pre-treatment	10	90:10	T(10)K90	151,8	3,3	240,0	2
		70:30	T(10)K70	263,7	6,7	366,7	3,2
		50:50	T(10)K50	104,5	1,3	168,7	1,3
	30	90:10	T(30)K90	33,5	0,3	64,2	0,2
		70:30	T(30)K70	51,6	0,4	97,6	0,4
		50:50	T(30)K50	31,8	1	65,7	0,3

Pada pembentukan gas metan tertinggi di hari ke 15 pada perlakuan *total solid* bahan 10% dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70 sebesar 20%. Selanjutnya diikuti pada reaktor P(10)K90 sebesar 11,6 % dan P(10)K50 sebesar 6,1%. Pada pembentukan gas metan tertinggi pada perlakuan *total solid* bahan 10% tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70 sebesar 6,7%. Selanjutnya diikuti pada reaktor P(10)K90 sebesar 3,3 % dan P(10)K50 sebesar 1,3%. Perbedaan pembentukan biogas dan kadar metan pada hari ke 15 terjadi karena perbedaan komposisi bahan. Komposisi eceng gondok sebagai sumber makanan dan kotoran ayam sebagai sumber bakteri berada dalam keadaan setimbang pada persentase berat (70:30 %w/w) sehingga volume komulatif dan kadar biogas memiliki hasil yang lebih tinggi. Sumber nutrient berbanding dengan jumlah bakteri harus berada pada porsi seimbang.

Saat jumlah nutrisi yang tersedia lebih banyak daripada bakteri, proses pembentukan biogas dan metan menjadi lebih sedikit. Bakteri tidak sanggup mencerna semua bahan organik yang terdapat pada reaktor (Anggakara dkk., 2013). Secara keseluruhan, reaktor P(10)K70 dengan perlakuan *total solid* 10% dan *pretreatment* menghasilkan gas kumulatif tertinggi dan gas metan tertinggi.

Pada hari ke 15, produksi biogas kumulatif tertinggi pada perlakuan *total solid* 30% dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K50 sebesar 162,5 ml. Selanjutnya diikuti pada reaktor P(30)K70 sebesar 116,5 ml dan P(30)K90 sebesar 107 ml. Gas kumulatif tertinggi pada perlakuan *total solid* bahan 30% tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(30)K70 sebesar 51,6 ml. Selanjutnya diikuti pada reaktor T(30)K90 sebesar 33,5 ml dan T(30)K50 sebesar 31,8 ml. Pembentukan gas metan tertinggi di hari ke 15 pada perlakuan *total solid* 30% dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K50 sebesar 4,5%. Selanjutnya diikuti pada reaktor P(30)K70 sebesar 2,2 % dan P(30)K90 sebesar 1,8%. Pada pembentukan gas metan tertinggi pada perlakuan *total solid* 30% tanpa perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor T(30)K50 sebesar 1%. Selanjutnya diikuti pada reaktor T(30)K70 sebesar 0,4% dan T(30)K90 sebesar 0,3%. Perbedaan pembentukan gas dan kadar metan pada hari ke 15 terjadi karena komposisi eceng gondok sebagai sumber makanan dan kotoran ayam sebagai sumber bakteri berada dalam keadaan setimbang pada persentase berat (50:50 %w/w).

Pada reaktor P(10)K70 degradasi *volatile solid* lebih tinggi daripada reaktor P(30)K50. Sedangkan pada pembentukan gas dan metan, reaktor P(30)K50 memiliki hasil yang lebih tinggi daripada reaktor P(30)K70 dan P(30)K90. Walaupun kadar *volatile* sebagai sumber makanan yang tersedia lebih banyak, tapi tidak semua bakteri dapat mencerna makanan tersebut dengan baik. Kontak antar bakteri dengan substrat berupa *volatile solid* mungkin tidak homogen, sehingga hasil pembentukan biogas dan metannya tidak maksimal. Penelitian yang dilakukan Hardani (2014), degradasi *volatile solid* dengan kadar metan memiliki hubungan yang lemah dapat disebabkan substrat yang dimasukkan tidak bercampur merata di dalam reaktor sehingga nutrisi atau bahan organik di dalamnya tidak dapat berkontak langsung dengan mikroorganisme.

Secara keseluruhan, pada perlakuan *total solid* 30% reaktor P(30)K50 menghasilkan gas kumulatif tertinggi dan gas metan tertinggi.

Gas metan yang terbentuk di hari ke 30 memiliki kadar yang kecil. Hal ini terjadi karena adanya ketidakseimbangan fase asidogenesis dan metanogenesis. Walaupun pH yang terjadi pada reaktor cukup stabil, tetapi populasi bakteri asam lebih mendominasi, sehingga metan yang dihasilkan sedikit (Hardani, 2014). Pembentukan biogas dan metan tetap berlangsung sampai hari ke 30. Tetapi kadar metan di hari ke 30 mengalami penurunan. Berbeda dengan pembentukan biogas yang tetap bertambah sampai hari ke 30. Hal ini terjadi karena bakteri metan telah berada pada titik optimal. Munazah dan Prayatni (2008) memaparkan penurunan pembentukan biogas terjadi karena secara biologis bakteri anaerob sudah optimal untuk merombak substrat. Selain itu pembentukan biogas pada hari ke 30 kemungkinan didominasi oleh gas CO₂ dan gas lainnya.

4.11 Pemanfaatan Residu Substrat dari Pengolahan Biogas

Slurry merupakan residu dari pengolahan biogas. *Slurry* berbentuk padatan encer yang memiliki kadar air diatas 60%. *Slurry* tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik berupa kompos dan pupuk cair. *Slurry* hasil pengolahan biogas dapat langsung digunakan untuk lahan pertanian tetapi mempertimbangkan beberapa faktor seperti Ratio C/N, pH dan kadar air dari hasil akhir pengolahan biogas. Lumpur hasil biogas merupakan sumber nutrisi untuk pertumbuhan tanaman, membantu meningkatkan kualitas tanah dan hasil tanaman (Liu et al., 2008). Lumpur hasil biogas berisi nutrisi penting berupa bahan organik. Lumpur hasil biogas digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah dan untuk peningkatan pertumbuhan tanaman (Garg et al., 2005).

Berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang baku mutu pupuk organik, ratio C/N pupuk organik berkisar antara 10-20. Berdasarkan PERMENTAN 2009 tentang persyaratan pupuk organik, ratio C/N pupuk organik berkisar antara 15-25. Pada penelitian ini, ratio C/N hasil akhir pengolahan biogas berkisar antara 9-27. Hampir semua reaktor memiliki ratio C/N yang sesuai dengan baku mutu ketentuan pupuk organik menurut SNI 19-7030-2004 dan PERMENTAN 2009 tentang persyaratan pupuk organik. Ratio C/N *slurry* mendekati ratio C/N tanah

yang bernilai 15-20 sehingga dapat langsung diaplikasikan langsung ke tanah. *Slurry* yang mempunyai rasio C/N tinggi juga dapat diaplikasikan langsung ke tanah tanpa pengomposan. *Slurry* yang mempunyai rasio C/N tinggi dapat berperan sebagai penutup tanah untuk mencegah erosi dan untuk menciptakan iklim mikro yang lebih baik untuk pertumbuhan tanaman. *Slurry* tersebut dapat berperan sebagai mulsa yang berfungsi mengurangi laju pemadatan tanah. (Rachman dkk., 2010).

Berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang baku mutu pupuk organik, kondisi pH pupuk organik berkisar antara 6,8-7,5. Berdasarkan PERMENTAN 2009 tentang persyaratan pupuk organik, kondisi pH pupuk organik berkisar antara 4-9. Pada penelitian ini, kondisi pH hasil akhir pengolahan biogas berkisar antara 6.8-7. Semua reaktor memiliki kondisi pH yang sesuai dengan baku mutu ketentuan pupuk organik menurut SNI 19-7030-2004 dan PERMENTAN 2009 tentang persyaratan pupuk organik. *Slurry* hasil biogas dapat diaplikasikan langsung ke tanah karena pH tanah mendekati netral. *Slurry* hasil biogas juga dapat diaplikasikan ke tanah yang bersifat masam karena dapat meningkatkan pH tanah tersebut. Peningkatan pH tanah juga akan terjadi apabila bahan organik berupa *slurry* ditambahkan ke tanah karena bahan organik yang telah termineralisasi akan melepaskan mineralnya berupa kation-kation basa sehingga dapat membantu meningkatkan pH (Mahbub dkk., 2009).

Berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang baku mutu pupuk organik, kadar air pupuk organik maksimal 50%. Berdasarkan PERMENTAN 2009 tentang persyaratan pupuk organik, kadar air pupuk organik berkisar antara 15-25. Pada penelitian ini, kadar air hasil akhir pengolahan biogas lebih dari 50%. Semua reaktor tidak memenuhi dengan baku mutu ketentuan pupuk organik menurut SNI 19-7030-2004 dan PERMENTAN 2009 tentang persyaratan pupuk organik. *Slurry* hasil pengolahan biogas harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Pengolahan yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi kadar air pada *slurry* dan memisahkan antara padatan dan cairan. Pengurangan kadar air bertujuan untuk mencegah larutnya kandungan mineral pada tanah. Kadar air *slurry* harus berkisar antara 15-25%. Pemisahan padatan dengan cairan dapat dilakukan dengan pemerasan secara manual menggunakan karung goni. Hasil

perasan berupa padatan dikeringkan dengan cara disebar. Setelah dikeringkan sampai kadar air memenuhi syarat, pupuk organik tersebut dapat langsung diaplikasikan ke tanah atau lahan pertanian. Cairan sisa pemerasan *slurry* dapat digunakan sebagai pupuk cair karena masih mengandung nutrisi organik yang dibutuhkan tumbuhan. Cairan hasil biogas dapat diterapkan melalui penyemprotan daun, ember, atau saluran irigasi. Dengan cara ini *slurry* dapat diterapkan langsung ke tanaman (Atkinson, 2014).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Perlakuan *pretreatment* mampu meningkatkan produksi biogas dimana
 - a. Pembentukan biogas tertinggi dengan *total solid* 10 % dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(10)K70 dengan komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (70:30 % w/w) sebesar 439 ml.
 - b. Pembentukan biogas tertinggi dengan *total solid* 30 % dengan perlakuan *pretreatment* terdapat pada reaktor P(30)K50 dengan komposisi eceng gondok berbanding kotoran ayam (50:50 % w/w) sebesar 242 ml.
2. Perlakuan *pretreatment* dengan NaOH 3% dan penambahan bahan baku dengan total solid 10% menghasilkan produksi biogas lebih baik.

5.2 Saran

Saran yang didapat pada penelitian ini adalah

1. Melihat dari pembentukan biogas harian, pada reaktor dengan *total solid* 10% perlu dilakukan penambahan umpan baru dengan komposisi campuran yang sama pada hari ke 12.
2. Melihat dari pembentukan biogas harian, pada reaktor dengan *total solid* 30% perlu dilakukan penambahan umpan baru dengan komposisi campuran yang sama pada hari ke 18.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Hadi, M.A, Abd El-Azeem, 2008 “Effect of Heating, Mixing, and Digester type on Biogas Production from Buffalo Dung”. Jurnal of Agriculture and Engineering 25:(4).
- Al Imam. M.F.I, Khan. M.Z.H, Raskar. M.A.R, Ali. S.M, 2013, Development of Biogas Processing from Cow dung, Poultry waste, and Water Hyacinth. International Journal of Natural and Applied Science. 2(1) : 13-17
- Amriani. F. 2014. Praperlakuan Fisik dan Biologi Terhadap Biomassa Eceng Gondok Untuk Produksi Enzim Selulase Oleh *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei*. Thesis. Universitas Sumatra Utara.
- Appels L, Assche AV, Willems K, Degreè J, Impe JV, Dewil R., 2011, Peracetic acid oxidation as an alternative pre-treatment for the anaerobic digestion of waste activated sludge. *Bioresour Technol* 102:4124–30.
- Astuti, N, Soeprbowati, T.R, Budiyono. Potensi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) Rawapening Untuk Biogas Dengan Variasi Campuran Kotoran Sapi. Workshop Penyelamatan Ekosistem Danau Rawapening. KLH dan UNDIP. Semarang.
- Atkinson. K., 2014. Bioslurry : A Supreme Fertiliser. A Study Bioslurry Result and Uses. Warnars and Oppenoorth
- Avcioglu. A.O, Turker. U, 2012, Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. 16(2012) : 1557– 1561.
- Awatshi, M. 2013. Bioethanol Production Through Water Hiyacint *Eichornia Crassipes* Via Optimization Of The Pretreatment Condition. 1(3) : 42-46.
- Bergier, I., Salis, S. M., Miranda, C. H. B., Ortega, E., Luengo, C.A. (2012). *Biofuel Production from Water Hyacinth in the Pantanal Wetland*. *Ecohydrology Hydrobiology*, 12: 77-84.
- Boe. K., 2006, Online Monitoring and Control of the Biogas Process, Thesis. Institute Of Environment and Resource. Technical University of Denmark.
- Chotimah. S. N., 2010, Pembuatan Biogas Dari Limbah Makanan Dengan Variasi Dan Suhu Substrat Dalam Biodigester Anaerob, Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.
- Chandler, J.A., Jewell, W.J., Gossett, J.M., Van Soest, P.J., Roberston, J.B., 1980. Predicting methane fermentation biodegradability In: *Biotechnology and Bioengineering Symposium No. 10*. John Wiley & Sons, New York

- Darmanto, Ardyanto, Sudjito S., dan Denny W., 2012. Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic Dan Thermophilic Anaerob Digester Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.3, 2 :317-326.
- Dawson, L., Boopathy, R. 2008. Cellulosic ethanol production from sugarcane bagasse without enzymatic saccharification. *BioResources*, 3(2), 452–460.
- Duan N, Dong B, Wu B, Dai X (2012) High-solid anaerobic digestion of sewage sludge under mesophilic conditions: feasibility study. *Bioresour Technol* 104: 150–156.
- Deublein, D. dan Steinhauser, A. (2008) “*Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction*” WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Fackler, J. 2004. Water Hyacinth Fact Sheet. Forestry and Natural Resources.
- Felix. S. A., Paramitha S.B.U., Ikhsan. D., 2012, Pembuatan Biogas Dari Sampah Sayur, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 1(1): 103-108.
- Fontenot, J.P., L.W. Smith and A.L. Sutton, 1983. Alternative utilization of animal wastes. *J. Anim. Sci.*, 57 : 221 – 233.
- Fry, L. J., 1974, *Practical Building of Methane Power Plant For Rural Energy Independence*. Chappel River, Hampshire Great Britain.
- Garg, R.N., H. Pathak, D.K. Das and R.K. Tomar. 2005. Use of flyash and biogas slurry for improving wheat yield and physical properties of soil. *Environ. Monitoring Assessment* 107: 1-9.
- Gerbono, A. dan Siregar, A.. (2005). *Kerajinan Eceng Gondok*. Kanisius, Yogyakarta.
- Ghosh, S., M.P. Henry dan R.W. Christopher. 1984. “Hemicellulose Conversion by Anaerobic Digestion.” Institute of Gas Technology dan United Gas Pipe Line Company. USA. *Biomassa* Vol. 6 257-258
- Haryati. T, 2006, Biogas : Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Wartazoa*. 16(3) : 160 – 169.
- Hardani. E. Y., Purnomoadi. A., Sutaryo., 2014., Pengaruh Pengadukan Pada Digester Biogas Yang Menggunakan Feses Sapi Madura Sebagai Substrat Terhadap Produksi Metan Harian, Volatile Solid Reduction dan pH.
- Hsu T. A. 1996. “Pretreatment of Biomass”. In: Wyman, C.E. (Ed.), *Handbook on Bioethanol, Production and Utilization*. Taylor & Francis, Washington, DC.
- Igoni, A.H., Abowei, M.F.N., Ayotamuno, M.J., Eze, C.L., 2008, Effect of Total Solids Concentration of Municipal Solid Waste on the Biogas Produced in an Anaerobic Continuous Digester. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol. X.

- Julfana R. 2012. Hidrolisis Enzimatis Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari *Trichoderma Reesei* Dan *Aspergillus Niger*. JKK. 2(1) : 52-57
- Kaparaju P, Angelidaki I., 2008, Effect of temperature and active biogas process on passive separation of digested manure. *Bioresour Technol*, 99:1345–52.
- Kayhanian., M., 1995., Biodegradability Of The Organic Fraction Of Municipal Solid Waste In A High-Solids Anaerobic Digester., *Waste Management and Research*, 13 : 123-136.
- Komemoto K, Lim YG, Nagao N, Onoue Y, Niwa C, Toda T., 2009, Effect of temperature on VFA's and biogas production in anaerobic solubilization of food waste. *Waste Manag* 29:2950–5.
- Kreith. F., Goswami. D.Y., 2007. *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*. First edition. CRC Press.(1) 254-255.
- Kunatsa, T., Mufundirwa, A. 2013. *Biogas Production from Water Hyacinth Case of Lake Chivero – Zimbabwe*. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2(2): 138-142.
- Kwartiningsih. E, Anitra. N, Putukeda. P. T., 2010, Transfer Massa Pada Adsorpsi Logam Khrom Dari Limbah Elektrolisis Menggunakan Eceng Gondok Sebagai Adsorben. *Ekuilibrium* 9(1) : 35-40.
- Liu, W.K., L.F. Du and Q.C. Yang. 2008. Biogas slurry added amino acids, decreased nitrate concentrations of lettuce in sand culture. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil Plant Sci*. 58: 1-5.
- Luthfianto. D, Mahajoen. E, Sunarto, 2012, Pengaruh macam limbah organik dan pengenceran terhadap produksi biogas dari bahan biomassa limbah peternakan ayam. *Bioteknologi* 9 (1): 18-25.
- Loehr. R. C., 1984. *Pollution Control for Agriculture: Problems, Processes, and Applications*. Second Edition. Academic Press Inc.(2) : 230-236.
- Mahbub. M., Mariana. Z. T., Septiana. M., 2009. Penerapan Pertanian Organik Yang Berkelanjutan di Lahan Pasang Surut Melalui Aplikasi Pupuk Organik yang Indigenos. Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan.
- Malik, A. (2007). *Environmental Challenge Vis a Vis Opportunity: The Case of Water Hyacinth*. *Environment International*, 33: 122-138.
- Marchaim, U., Krause C., 1993. Propionic to acetic-acid ratios in overloaded anaerobic-digestion. *Bioresour. Technol.*, 43, 195–203.

- McMillan J.D. 1994. “*Pretreatment of Lignocellulosic Biomass*”. In: Himmel, M.E., Baker, J.O., Overend, R.P. (Eds.), *Enzymatic Conversion of Biomass for Fuels Production*, ACS Symposium Series, vol. 566. ACS, Washington, DC, pp. 292–324.
- Mosier, N, Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y. Y., Holtzapple, M., dan Ladisch, M. (2005). *Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass*. *Bioresource Technology* 96 (10), 673-686
- Munazah, A.R., Prayatni S., 2008. Penyisihan Organik Melalui Dua Tahap Pengolahan Dengan Modifikasi ABR Dan Constructedwetland Pada Industri Rumah Tangga. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 4 (4) 93-100.
- Ni'mah. L., 2014, Biogas From Solid Waste Of Tofu Production And Cow Manure Mixture: Composition Effect. *Chemica*. 1: 2355-8776.
- Ozmen.P, Aslanzadeh.S., 2014, Biogas Production from Municipal Waste Mixed with Different Portions of Orange Peel”. *School of Engineering*.
- Oyewole, O. A., 2010, Biogas Production From Chicken Droppings. *Science World Journal*, 4(5):11-10.
- Patil. J. H., Raj. M.A., Gavimat C.C., Hooli. V.R., 2011., A Comperative Study On Anaerobic Co-Digestion Of Water Hyacinth With Poultry Litter And Cow Dung, *International Journal of Chemical Sciences and Applications*, 2(2) : 148-155.
- Pratiwi M, D., Qadari, D., Utami SM, N. (2013). *Potensi Pembuatan Bioetanol Dari Eceng Gondok Melalui Proses Hidrothermal*. PKM-P, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.
- Rachman. A., Dariah. A., Santoso. D., 2010. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati : Pupuk Hijau. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Ramya., Patil. J. H., Shankar. B., 2013, Effect of Substrate Concentration on Biomethanation of Water Hyacinth. *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)*. 1:2320-4087.
- Ratnaningsih, Widyatmoko, H dan Yananto, T. 2009. Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch reaktor anaerob. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol 5(1): 20-26
- Rodrigues, 2004, “Enhancement of the Performance of an Anaerobic Sequencing Batch Reactor Treating Low-Strength Wastewater Through Implementation of a Variable Stirring Rate Program ”. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol 21 (3), July-September 2004, hal 2.
- Safaria, S. 2013. Efektivitas campuran enzyme selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* dalam menghidrolisi Substrat sabut kelapa. ISSN: 2303-1077, 2(1) : 46-51

- Saputri. A. R. Trihadiningrum. Y., 2010, Pemanfaatan Biomassa Eceng Gondok Dari Kolam Pengolahan Greywater Sebagai Penghasil Biogas. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Schnürer. A., Jarvis.,A.,2009, *Microbiological Handbook for Biogas Plants* (Canada: Swedish Waste Management Development Committee) p: 19, 31,33- 41
- Singh. A., Bishnoi. N.R., 2012, Comparative Study Of Various Pretreatment Techniques For Ethanol Production From Water Hyacinth. *Industrial Crops and Products*. 44 : 283-289.
- Sun. R., Lawther. J.M., Banks. W.B., 1995, Influence of alkaline pre-treatments on the cell wall components of wheat straw, *Industrial Crops and Products*, 4:127-145.
- Sudarno, Wisnu. I, Soeroso. M. R. F., 2013, Pengaruh Pengenceran Dan Pengadukan Limbah Dapur Daerah Ngesrep Terhadap Peningkatan Produksi Biogas Dengan Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi Sebagai Starter. *Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP*. 1 (1) : 2.
- Sun Y, Cheng J J., 2002, Hydrolysis Of Lignocellulosic Materials For Ethanol Production: A Review. *Bioresource Technology*. 83 : 1–11
- Tarigan. R., 2009, Pemanfaatan Biogas Kotoran Ternak Sapi Sebagai Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Tchobanoglous. G, Theisen. H., Virgil. S., 1993, *Integrated Solid Waste Management*. Second Edition.
- Veziroglu. T.N., Muradov. D.W., 2008, Green Path From Fossil-based to hydrogen economy, *International Journal Of Hydrogen Energy*, 42:502-505.
- Verma. S., 2002, *Anaerobic Digestion Of Biodegradable Organics In Municipal Solid Wastes*. Columbia University.
- Wang X, Yang G, Feng Y, Ren G, Han X., 2012, Optimizing feeding composition and carbon–nitrogen ratios for improved methane yield during anaerobic codigestion of dairy, chicken manure and wheat straw. *Bioresour Technology*, 120:78–83
- Wati. D. S., Prasetyani. R. P., 2013, Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Industri Bioetanol Melalui Proses Anaerob (Fermentasi). Universitas Diponegoro.Semarang.
- Wei RR, Cheng GW, Luo JJ, 2010, Biogas and bio-energy production from anaerobic digestion of piggery manure at different temperatures. *J Agric Mech Res* 4:170–4 (in Chinese)
- Wellinger, A., Lindeberg, A., 2000. *Biogas Upgrading and Utilization* – IEA Bioenergy, Task 24, pp.20. International Energy Association, France.

- Wibono. T.S, Dharma, A, Refild, 2013, Fermentasi Anaerob Dari Campuran Kotoran Ayam Dan Kotoran Sapi Dalam Proses Pembuatan Biogas. Jurnal Kimia Unand 2 (1) : 113-118.
- Wilkie. A. C., Anaerobic Digestion of Dairy Manure : Design and Process Considerations. Natural Resource, Agriculture and Engineering Services, Cornell University. 301-305.
- Yonathan. A, Prasety. A. R, Pramudo. B, 2012, Produksi Biogas Dari Eceng Gondok (Eicchornia Crassipes) : Kajian Konsistensi Dan Ph Terhadap Biogas Dihasilkan. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, 21(21) : 211 – 215.
- Zelly. F.D., 2014, Pengaruh Waktu Dan Kadar *Saccharomyces Cerevisiae* Terhadap Produksi Etanol Dari Serabut Kelapa Pada Proses Sakarifikasi Dan Fermentasi Simultan Dengan Enzim Selulase. Universitas Bengkulu.
- Zahara. I., 2014, Pengaruh Pengadukan Terhadap Produksi Biogas Pada Proses Metanogenesis Berbahan Baku Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit, Universitas Sumatra Utara.
- Zeshan Karthikeyan OP, Visvanathan C., 2012, Effect of C/N ratio and ammonia-N accumulation in a pilot-scale thermophilic dry anaerobic digester. Bioresour.Technol 113:294–302.
- Zhang C., 2013, Batch and semi-continuous anaerobic digestion of food waste in a dual solid–liquid system. Bioresour Technol 145:10–6.

LAMPIRAN A

PROSEDUR PERCOBAAN

1. Perhitungan Substrat

a. Peralatan dan bahan

Alat : Timbangan

Bahan : Eceng gondok dan kotoran ayam

b. Prosedur kerja analisis

- Eceng gondok dipisahkan antara batang, daun dan akar
- Dicuci menggunakan air bersih
- Batang dicacah ukuran 0,5 cm
- Daun dicacah ukuran 4 cm
- Blender batang dan daun tanpa memasukkan air
- Timbang eceng gondok dan kotoran ayam dengan timbangan sesuai berat yang dibutuhkan.
- Masukkan ke reaktor

c. Pretreatment eceng gondok :

- Masukkan eceng gondok 250 gram ke dalam toples kaca
- Masukkan NaOH (1,5%) sebanyak 1,5 liter ke dalam toples berisi eceng gondok
- Homogenkan dengan cara diaduk
- Diamkan pada suhu ruangan selama 144 jam (6 hari)
- Setelah pretreatment kondisikan eceng gondok pada pH 6.8 – 7.2 dengan penambahan pH buffer berupa H₂SO₄ 8 %.

2. Analisis Suhu

a. Peralatan dan bahan

Alat : Termometer suhu

Bahan : Sampel

b. Prosedur kerja analisis

- Tancapkan termometer suhu pada sampel di dalam reaktor hingga 3/4 kedalaman substrat dalam reaktor.
- Lakukan pembacaan pada termometer.

3. Analisis pH

pH meter distandarisasi menggunakan larutan buffer pH pada pH 4, 7, dan 10. Standarisasi dilakukan dengan mencelupkan probe pH meter bergantian ke dalam larutan buffer dengan urutan: buffer pH 4 → buffer pH 7 → buffer pH 10 → buffer pH 7.

a. Peralatan dan bahan

Alat : pH meter,

Bahan : Sampel, aquades

b. Prosedur kerja analisis

- Ambil sampel sebanyak 10ml
- Ukur dan catat hasil pembacaan pH meter.
- Bilas pH meter dengan aquades
- Lakukan pengukuran pH pada sampel berikutnya

4. Analisis Total solid, dan Volatil solid

a. Peralatan dan bahan

Alat : Furnace dengan suhu 550°C, oven dengan suhu 105°C, cawan porcelain, neraca analitis, desikator, penjepit

Bahan : Sampel.

b. Prosedur Kerja Analisis Kadar Air dan Total Solid

- Siapkan cawan porselen yang sudah dioven selama ± 1 jam, kemudian dinginkan di dalam desikator selama 15 menit.
- Timbang cawan porselen kosong dengan menggunakan neraca analitis, catat hasil pembacaannya (a).
- Tambahkan sampel sebanyak 10ml ke dalam cawan kosong, kemudian timbang dan catat hasil pembacaannya (b).
- Keringkan pada oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit, kemudian timbang dengan neraca analitis dan catat hasil pembacaannya (c).
- Hitung Total Solid dengan rumus perhitungan.

$$\text{Total Solid (mg/L)} = 1000/\text{volume sampel} \times (b-a) \times 1000$$

Dimana:

a = berat awal cawan kosong

b = berat cawan kosong+sampel

c. Prosedur Kerja Analisis Volatil Solid

- Cawan + berat kering (Total Solid) ditimbang dengan neraca analitik
- Cawan dimasukkan furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam
- Keringkan pada oven dengan suhu 105°C selama 15 menit. Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit, kemudian timbang dengan neraca analitis dan catat hasil pembacaannya (d).
- Hitung kadar volatil solid dengan rumus perhitungan.

$$\text{Volatil solid (\%)} = 1000/\text{volume sampel} \times (c-a) \times 1000$$

Dimana:

a = berat awal cawan kosong

c = berat cawan+sampel setelah difurnace

d. Analisis Total C-Organik

Nilai C organik melalui analisis gravimetri didapatkan dari perhitungan dengan volatil solid.

Angka 0,58 merupakan angka koreksi dari metode gravimetri dengan metode pengukuran C organik menggunakan larutan digest hidrogen peroksida. Angka koreksi diperlukan dengan asumsi terkandung 58% C organik dalam volatil solid. Langkah-langkah dalam melakukan analisa kandungan karbon dengan metode gravimetri antara lain:

- Mengambil sejumlah sampel yang telah bebas kadar air (mengambil hasil dari analisa kadar air, yaitu berat sampel yang telah dioven)
- Menimbang berat cawan + sampel setelah dioven (c)
- Memasukkan cawan + sampel kedalam furnace 550°C selama 1 jam
- Memasukkan kedalam oven 110°C selama 15 menit
- Memasukkan kedalam desikator selama 15 menit
- Menimbang berat setelah difurnace dan dicatat sebagai berat akhir (d)
- Menghitung kandungan karbon (C) dengan rumus:

$$C \text{ organik (\%)} = 0,58 \times \text{Volatil solid (\%)}$$

5. Analisis N-Total

a. Peralatan dan bahan

Alat : Neraca analitik, spektrofotometer, labu pengencer 1000 ml, labu Erlenmeyer 100 ml

Bahan : Reagen campuran CuSO_4 dan H_2SO_4 , Garam signet, Larutan Nessler

b. Prosedur kerja analisis

1. Pembuatan Reagen

a. Campuran N-Digest

Dibuat dengan mencampurkan 1,55 g CuSO_4 anhidrat, 96,9 g Na_2SO_4 anhidrat dan 1,55 g selen kemudian dihaluskan.

b. H_2SO_4 pekat

Digunakan langsung dari botolnya tanpa dituang ke *beaker glass*.

c. Nessler

Campur dan haluskan 50 gram serbuk HgI_2 dan 35 gram KI kemudian dilarutkan dengan 80 gram NaOH yang sudah dilarutkan dengan aquades hingga 500 mL. Biarkan mengendap dan diambil supernatannya.

d. Garam Signet

Larutkan 50 gram K.Na.Tartrat ke dalam 500 mL aquades, kemudian ditambahkan 5 mL larutan nessler sebagai pengawet.

2. Prosedur

Kandungan nitrogen atau kadar N dianalisis dengan metode kjeldahl dengan prosedur sebagai berikut:

1. Mengambil sebanyak 0,2 gram dari sampel yang sudah bebas kadar air (berat sampel yang sudah dioven 24 jam, atau setelah melewati analisa kadar air)
2. Menggerus sampel sampai halus
3. Memasukkan kedalam gelas beaker yang tahan panas
4. Menambahkan N-digest sebanyak 25 mL diamkan semalam
5. Memanaskan diatas kompor hingga tersisa 5 mL
6. Menambahkan aquadest sampai volume 20 mL
7. Memanaskan kembali sampai tersisa 10 mL
8. Mendiamkan sampai dingin dan terendap
9. Mengambil 5 mL sampel air yang bebas endapan
10. Memasukkan kedalam erlenmeyer
11. Menambahkan air sampai dengan 25 mL
12. Mengambil 10 mL campuran sampel tersebut
13. Menambahkan 1 mL larutan nessler
14. Menambahkan 1 mL larutan garam signet
15. Membaca nilai absorbannya dengan spektrofotometri yang sudah dikalibrasi dengan panjang gelombang 410 nm dan dicatat.

7. Analisa Volume Gas

a. Peralatan dan bahan

Alat : Manometer

Bahan : Gas reaktor

b. Prosedur kerja analisis

Analisa gas yang terbentuk selama waktu pengamatan ialah dengan cara:

- Menutup kran untuk analisa gas
- Membuka sambungan selang dan kran
- Melihat pada manometer
- Mengamati jumlah pertambahan gasnya dan mencatatnya.

LAMPIRAN B HASIL ANALISIS PENELITIAN

1. Komposisi Campuran Bahan

Massa jenis eceng gondok : 1,06793 gr/ml

Massa jenis kotoran ayam : 1,34313 gr/ml

Volume campuran : 5500 ml

- Volume Total Solid 10%

Tabel B1. Volume Total Solid 10%

Total Solid	
10%	5500 ml
550	
90%	495
70%	385
50%	275
30%	165
10%	55

- Volume Total Solid 30%

Tabel B2. Volume Total Solid 30%

Total Solid 30%	
30%	5500 ml
1650	
90%	1.485
70%	1.155
50%	825
30%	495
10%	165

- Konversi Massa Menjadi Volume

Tabel B3. Konversi Massa Menjadi Volume

Komposisi Total Solid 10%						Komposisi Total Solid 30%					
Eceng Gondok			Kotoran Ayam			Eceng Gondok			Kotoran Ayam		
90%	massa	volume	10%	massa	volume	90%	Massa	volume	10%	massa	volume
	1,067933	1		1,343133	1		1,06	1		1,34	1
	550	495		75	55		1650	1485		225	165
70%	massa	volume	30%	massa	volume	70%	massa	volume	30%	massa	volume
	1,067933	1		1,343133	1		1,067933	1		1,34	1
	450	385		225	165		1350	1155		675	495
50%	massa	volume	50%	massa	volume	50%	massa	volume	50%	massa	volume
	1,067933	1		1,343133	1		1,067933	1		1,343133	1
	350	275		375	275		1050	825		1125	825

- Komposisi Campuran Eceng Gondok, Kotoran Ayam dan Air

Tabel B4. Komposisi Campuran Eceng Gondok, Kotoran Ayam dan Air

PERLAKUAN							
KOMPOSISI PADATAN (%W)		Total Solid 10% (VOLUME)			Total Solid 30% (VOLUME)		
e.gondok	k.ayam	air (ml)	e.gondok (gr)	k.ayam (gr)	air (ml)	e.gondok (gr)	k.ayam (gr)
90	10	4.950	550	75	3.850	1.650	225
70	30	4.950	450	225	3.850	1.350	675
50	50	4.950	350	375	3.850	1.050	1.125

2. Analisa Suhu

Tabel B.5 Hasil Analisa Suhu Pretreatment

Hari	Total Padatan Campuran 10%			Total Padatan Campuran 30%		
	P(10)K90	P(10)K70	P(10)K50	P(30)K90	P(30)K70	P(30)K50
1	27,5	27	28	28	27,5	28
2	27,5	27,5	28,5	28	28,5	28,5
3	28	28	29	26,5	28,5	29
4	28,5	28,5	29,5	29	28,5	29,5
5	28,5	29	30,5	28,5	28,5	29,5
6	28,5	29,5	30,5	29	29	29,5
7	28,5	29	30,5	29,5	29,5	31
8	29,5	29	32	30	29,5	31
9	32	31	32,5	30,5	31	33,5
10	31,5	31	33,5	30	31,5	33
11	33	32,5	35,5	31	32	34
12	33	34	38	31	32	33,5
13	32,5	35,5	38	31,5	33,5	35
14	34	35,5	40	33	33	34,5
15	34	36,5	39,5	33	33	34,5
16	36,5	37,5	39,5	33	33	35,5
17	36,5	35	38	33	34	37
18	37,5	35	37	35	34,5	38
19	34,5	34,5	37	35,5	34	36
20	34,5	34	34,5	35	35	36
21	32,5	34	34	34,5	34	36
22	32,5	33	34	35	33,5	34
23	31	28,5	31,5	33,5	33,5	34
24	30	28	31,5	33,5	33	32,5
25	29,5	28,5	31,5	32,5	31	31,5
26	28,5	27	31,5	32	30	30
27	28,5	27,5	30,5	32	31	30
28	28	27,5	30,5	32	30	30
29	28	27,5	30	30,5	29,5	30
30	28	27,5	30	29,5	28,5	30

Lanjutan Tabel B.5 Hasil Analisa Suhu Tanpa Pretreatment

Hari	Total Padatan Campuran 10%			Total Padatan Campuran 30%		
	T(10)K90	T(10)K70	T(10)K50	T(30)K90	T(30)K70	T(30)K50
1	28	28	28	28,5	28	29
2	28	28	28	28	28,5	29,5
3	28	28,5	29,5	28	28,5	30
4	28	28,5	29,5	28	28,5	30,5
5	28	28,5	30	28,5	29,5	31
6	28,5	28	30	29	30	31
7	30	28,5	31	29	30,5	31,5
8	29,5	29,5	31,5	29,5	30,5	31
9	29,5	29,5	31	30	30	31,5
10	30	31	33	31,5	30	32
11	32,5	31,5	33,5	32	30,5	33
12	32,5	32,5	34,5	32,5	31,5	33
13	33,5	32	35	32,5	32,5	33,5
14	32,5	33	36	33	32,5	34,5
15	33	33	36	33	32,5	35
16	33	33	36,5	34	33	32,5
17	35	34,5	36,5	34,5	36	32,5
18	34,5	36,5	34,5	34	35	33
19	36	38,5	34	34	34	33
20	36	35,5	32,5	34	34	33
21	33,5	35	32,5	33,5	31,5	32
22	33,5	34	32,5	32,5	31,5	32
23	31,5	34	31	32,5	31,5	31,5
24	30,5	32	30,5	31,5	30,5	30,5
25	30,5	31	30	31	30	30,5
26	30,5	29,5	29,5	30	30	30
27	30,5	29,5	29	30	29,5	30
28	30,5	29,5	28	29,5	29,5	30,5
29	29	29,5	28	29,5	29,5	29,5
30	29	29,5	28	29,5	29,5	29

3. Analisa pH

Data hasil pengukuran analisa pH dapat dilihat pada Tabel B.6.

Tabel B.6 Hasil Analisa pH dengan Pretreatment

Hari	Total Padatan Campuran 10%			Total Padatan Campuran 30%		
	P(10)K90	P(10)K70	P(10)K50	P(30)K90	P(30)K70	P(30)K50
1	7,7	7,7	7,6	7,3	7,3	7,4
2	7,7	7,7	7,6	7,3	7,3	7,4
3	7,6	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3
4	7,6	7,4	7,4	7,2	7,3	7,3
5	7,5	7,4	7,5	7,2	7,2	7,3

6	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2
7	7,0	7,2	7,1	7,2	7,2	7,2
8	6,9	7,1	7,0	7,2	7,2	7,2
9	6,9	6,9	6,8	7,2	7,2	7,0
10	7,2	7,0	7,2	7,0	7,1	7,0
11	7,2	7,2	7,2	6,8	7,1	6,8
12	7,2	7,2	7,2	6,9	6,9	6,8
13	7,2	7,1	7,2	6,9	6,9	6,9
14	7,1	7,2	7,2	6,9	7,0	7,0
15	7,1	7,1	7,1	6,9	7,1	7,0
16	7,1	7,2	7,2	7,0	7,1	7,0
17	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
18	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
19	7,1	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2
20	7,1	7,0	7,1	7,2	7,2	7,2
21	7,1	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2
22	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,2
23	7,1	7,0	6,9	7,1	7,1	7,2
24	7,1	7,1	6,9	7,0	7,1	7,2
25	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	7,2
26	7,0	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2
27	6,9	6,9	7,0	7,2	7,1	7,2
28	6,9	7,0	6,9	7,1	7,0	7,2
29	6,8	7,0	7,0	7,1	7,0	7,2
30	6,8	6,9	7,0	7,0	6,9	7,0

Lanjutan Tabel B.6 Hasil Analisa pH Tanpa Pretreatment

Hari	Total Padatan Campuran 10%			Total Padatan Campuran 30%		
	T(10)K90	T(10)K70	T(10)K50	T(30)K90	T(30)K70	T(30)K50
1	7,1	7,2	7,1	6,7	6,7	6,7
2	7,1	7,2	7,1	6,7	6,8	6,8
3	7,1	7,2	7,1	6,7	6,8	6,9
4	7,1	7,2	7,1	6,8	6,8	6,8
5	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,1
6	7,1	7,0	7,1	7,1	7,0	7,1
7	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1
8	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
9	7,0	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0
10	6,8	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0
11	6,8	6,9	6,7	6,8	7,2	6,8
12	6,9	6,8	6,9	7,0	6,9	6,9
13	6,9	6,8	6,9	7,0	6,8	7,0
14	7,1	6,8	7,0	6,9	7,0	7,1
15	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1
16	7,0	7,0	7,1	7,1	7,0	7,1

17	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
18	7,1	7,1	7,3	7,1	7,1	7,0
19	7,2	7,2	7,3	7,2	7,1	7,0
20	7,2	7,1	7,3	7,1	7,1	7,1
21	7,2	7,1	7,0	7,1	7,1	6,9
22	7,2	7,1	7,0	7,1	7,0	6,9
23	7,2	7,1	7,0	7,1	7,0	7,0
24	7,2	7,2	7,0	7,0	7,0	6,9
25	7,0	7,2	6,9	7,0	7,0	7,0
26	7,0	6,9	6,9	7,0	7,0	6,9
27	7,0	6,9	6,9	7,0	7,0	6,9
28	6,9	7,0	6,9	6,9	7,0	6,8
29	6,9	7,0	6,9	7,0	6,9	6,8
30	6,8	6,9	6,9	6,8	6,8	6,8

4. Analisa Pembentukan Biogas Kumulatif

Tabel B.7 Hasil Analisa Pembentukan Biogas dengan Pretreatment

Hari	Total Padatan Campuran 10%			Total Padatan Campuran 30%		
	Volume (ml)					
	P(10)K90	P(10)K70	P(10)K50	P(30)K90	P(30)K70	P(30)K50
1	0,0	0,0	0,0	0	0	0
2	0,0	0,0	0,0	0	0	0
3	15,5	17,2	8,2	4,7	5,6	8,3
4	18,0	19,0	8,2	5	5,7	9
5	19,8	19,4	8,0	6,9	5,7	9,6
6	20,0	19,2	8,5	6	5,6	10
7	23,6	23,0	8,6	6,0	8,0	9,7
8	24,0	23,7	12,3	7	8,3	12,7
9	24,4	27,3	13,0	8,1	8,5	12,6
10	28,0	29,0	13,3	8	8,7	12,4
11	22,3	32,0	12,1	7,7	8,8	14,7
12	22,0	25,5	10,1	8,7	10,9	19,4
13	21,9	25,0	10,3	10	14,5	16,4
14	20,0	22,1	10,1	10,8	11,5	16,1
15	17,5	21,3	10,0	13	11,7	12,3
16	16,0	20,7	10,3	8	8,8	12,8
17	12,0	20,9	10,3	6,0	7,7	11,7
18	12,0	16,0	10,3	6	8,0	11,9
19	11,2	15,9	8,4	5,0	7,7	8,7
20	11,0	15,9	8,3	4,1	7,9	8,9
21	11,3	13,7	7,3	4,1	4,9	8,9
22	10,0	12,7	4,4	4	4,7	6,9
23	8,0	8,9	3,3	4,1	4,7	6,7
24	6,0	7,9	3,4	3,2	4,9	7,0

25	5,0	5,7	2,3	3	4,9	5,7
26	5,0	5,8	2,4	3,3	4,7	5,9
27	5,0	5,7	2,3	2,0	2,7	4,7
28	4,0	4,8	0,0	2,0	1,9	0,0
29	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Lanjutan Tabel B.7 Hasil Analisa Pembentukan Biogas Tanpa Pretreatment

Hari	Total Padatan Campuran 10%			Total Padatan Campuran 30%		
	Volume (ml)					
	P(10)K90	P(10)K70	P(10)K50	P(30)K90	P(30)K70	P(30)K50
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	8,5	16,0	4,0	1,3	1,8	1,3
4	8,6	17,2	5,8	1,3	1,8	1,4
5	8,6	18,2	6,0	1,4	1,9	1,6
6	9,5	19,2	7,0	1,3	1,9	2,3
7	10,8	19,2	6,9	1,4	2,8	2,7
8	10,6	20,0	6,9	1,6	3,3	2,4
9	11,6	20,2	7,8	2,7	2,9	2,6
10	13,8	20,3	9,1	2,3	3,6	3,3
11	14,9	22,6	11,9	2,3	6,0	3,4
12	16,7	24,6	9,1	3,6	8,0	3,6
13	13,9	23,3	9,8	3,6	6,9	2,4
14	12,7	21,0	10,1	4,4	4,9	2,4
15	11,5	21,1	9,1	4,3	4,8	2,3
16	9,0	16,3	8,8	6,0	4,7	3,3
17	9,0	13,4	6,9	6,0	4,7	3,3
18	8,3	11,3	5,7	6,0	4,7	2,3
19	7,0	8,4	5,9	5,1	4,9	2,4
20	7,1	8,4	5,7	4,1	4,7	2,3
21	6,0	7,3	5,9	4,0	4,9	2,3
22	6,0	7,3	5,7	3,0	4,7	2,5
23	6,3	6,4	4,9	3,1	4,9	2,3
24	6,0	6,4	3,7	3,0	4,7	2,3
25	6,0	5,3	3,9	3,0	3,9	2,3
26	5,0	5,4	3,7	2,3	3,7	2,3
27	5,0	4,3	3,9	0,0	2,7	2,3
28	4,3	4,4	3,7	0,0	1,7	2,4
29	3,1	4,3	2,7	0,0	0,0	1,3
30	3,0	1,3	0,0	0,0	0,0	1,6

5. Analisa Kadar C-Organik

Tabel B.8 Analisa Kadar C-Organik

Perlakuan		Reaktor	C-Organik Awal (%)	C-Organik Akhir (%)
Pre Treatment	TS 10%	P(10)K90	30,18	9,72
		P(10)K70	26,85	7,07
		P(10)K50	21,99	12,05
	TS 30%	P(30)K90	33,05	16,15
		P(30)K70	33,02	13,64
		P(30)K50	24,89	12,65
Tanpa Pre Treatment	TS 10%	T(10)K90	45,25	17,75
		T(10)K70	43,33	12,60
		T(10)K50	41,12	17,19
	TS 30%	T(30)K90	48,39	31,71
		T(30)K70	46,95	27,42
		T(30)K50	42,29	23,39

6. Analisa Kadar Nitrogen

Tabel B.10 Analisa Kadar Nitrogen

Perlakuan		Reaktor	N Total Awal (%)	N Total Akhir (%)
Pre Treatment	TS 10%	P(10)K90	0,87	1,22
		P(10)K70	0,76	1,15
		P(10)K50	0,98	1,15
	TS 30%	P(30)K90	1,04	1,25
		P(30)K70	0,99	1,29
		P(30)K50	0,91	1,17
Tanpa Pre Treatment	TS 10%	T(10)K90	0,94	1,47
		T(10)K70	0,89	1,47
		T(10)K50	1,03	1,54
	TS 30%	T(30)K90	1,16	1,40
		T(30)K70	1,09	1,46
		T(30)K50	1,11	1,52

7. Analisa Ratio C/N

Tabel B.12. Analisa Ratio C/N

Perlakuan		Reaktor	C/N
Pre Treatment	TS 10%	P(10)K90	24,66
		P(10)K70	23,25
		P(10)K50	19,10
	TS 30%	P(30)K90	26,38
		P(30)K70	25,55
		P(30)K50	21,28

Tanpa Pre Treatment	TS 10%	T(10)K90	30,82
		T(10)K70	29,41
		T(10)K50	26,74
	TS 30%	T(30)K90	34,58
		T(30)K70	32,11
		T(30)K50	27,75

8. Analisa Kadar Total Solid

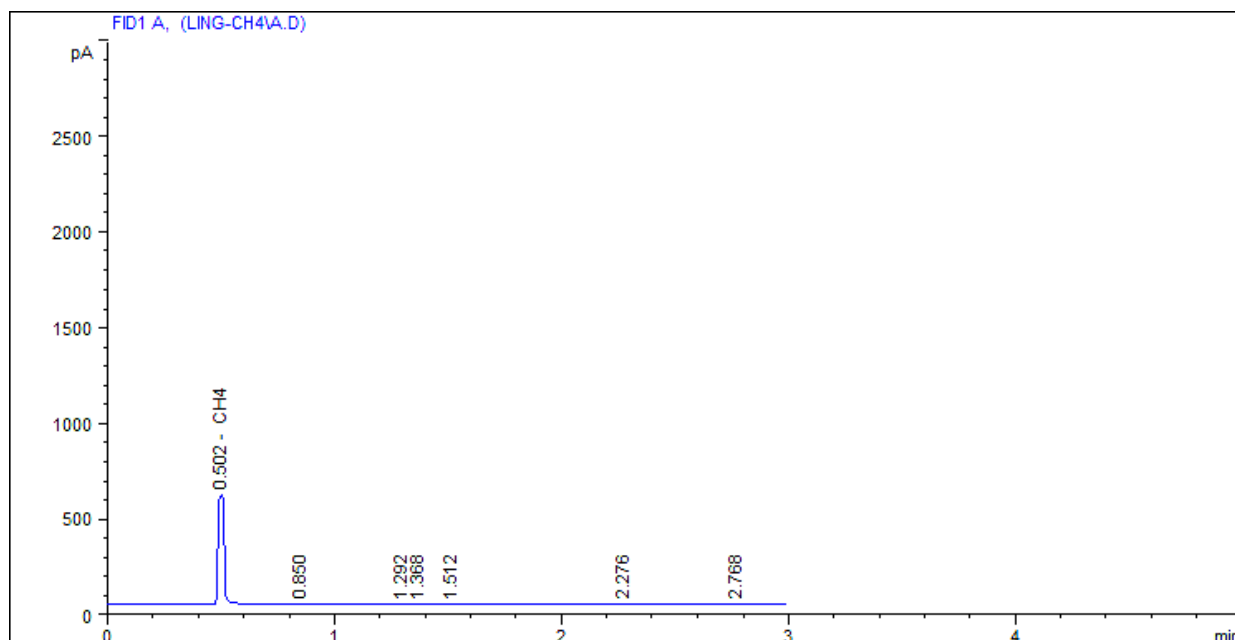
Tabel B.13. Analisa Kadar Total Solid

Total Solid	mg/L					
Hari ke	0	6	12	18	24	30
P(10)K90	17220	15315	12275	11235	8380	8135
P(10)K70	16190	13935	11990	9515	7535	7035
P(10)K50	15760	13915	13115	12815	11275	10035
P(30)K90	21555	19625	18090	16935	16640	15510
P(30)K70	20415	18975	18065	16200	14490	13770
P(30)K50	19390	17035	13755	12795	11120	10090
T(10)K90	19700	16785	15555	14990	12600	11495
T(10)K70	19075	16355	13275	11405	10190	9475
T(10)K50	18185	15905	15185	14100	13665	12735
T(30)K90	35220	32535	31215	29250	28100	27490
T(30)K70	24415	21500	20165	19745	18950	18165
T(30)K50	22580	20695	19955	19815	18120	17150

9. Analisa Kadar Volatile Solid

Tabel B.14 Analisa Kadar Volatile Solid

Volatile Solid	mg/L					
Hari	0	6	12	18	24	30
P(10)K90	11215	8270	3510	2535	2090	1860
P(10)K70	10845	8085	3330	1500	1255	1085
P(10)K50	9545	7390	3045	1615	1400	1280
P(30)K90	13200	10295	6855	5255	4475	4265
P(30)K70	12375	8835	6065	5640	5500	5385
P(30)K50	10400	8445	5625	2200	1915	1690
T(10)K90	13705	11665	8265	5875	4005	3145
T(10)K70	12900	10685	7100	5815	5515	4655
T(10)K50	12890	10515	9450	7320	6365	6240
T(30)K90	14705	12495	11515	9210	9075	8965
T(30)K70	14840	12590	10380	7895	7095	6270
T(30)K50	13515	11895	10500	8175	7335	7150



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\A.D Sample Name: BALON-T(10)K50
Instrument 1 4/29/2016 2:12:09 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 1:22:58 PM
Sample Name      : BALON- T(10)K50          Vial :    1
Acq. Operator    :                        Inj  :    1
                                           Inj Volume : Manually

Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed      : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

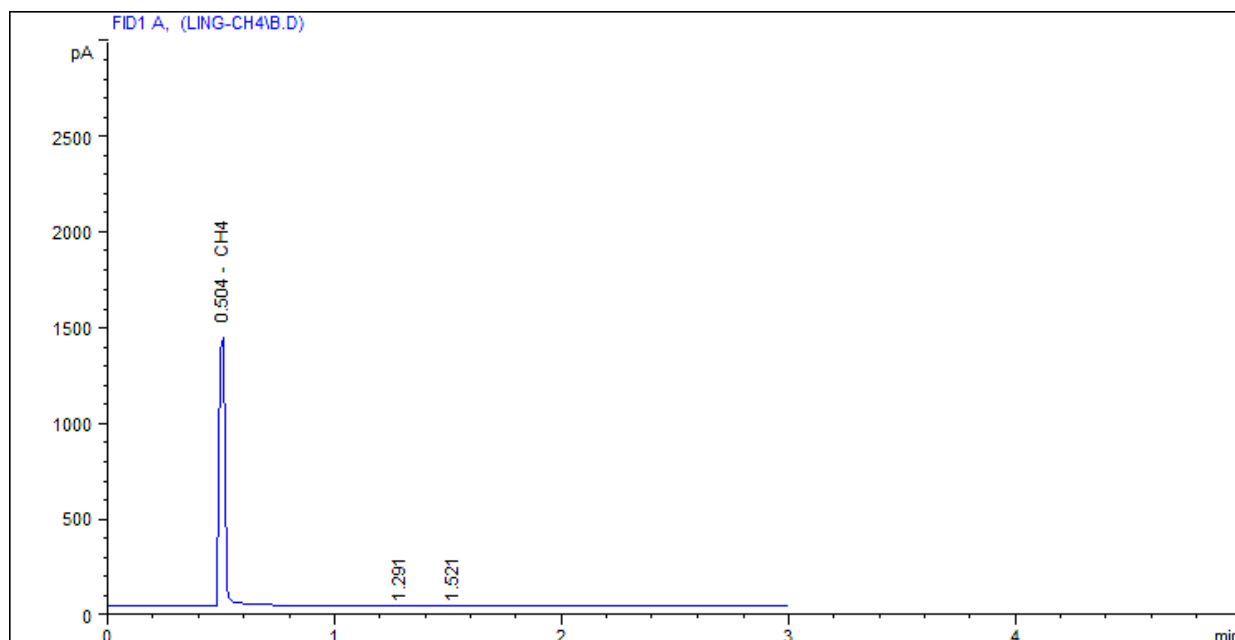
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	PV +	945.71838	1.41426	1337.48851		CH4
Totals :				1337.48851		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\B.D Sample Name: BALON-T(10)K90
Instrument 1 4/29/2016 2:12:16 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 1:26:56 PM
Sample Name      : BALON- T(10)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

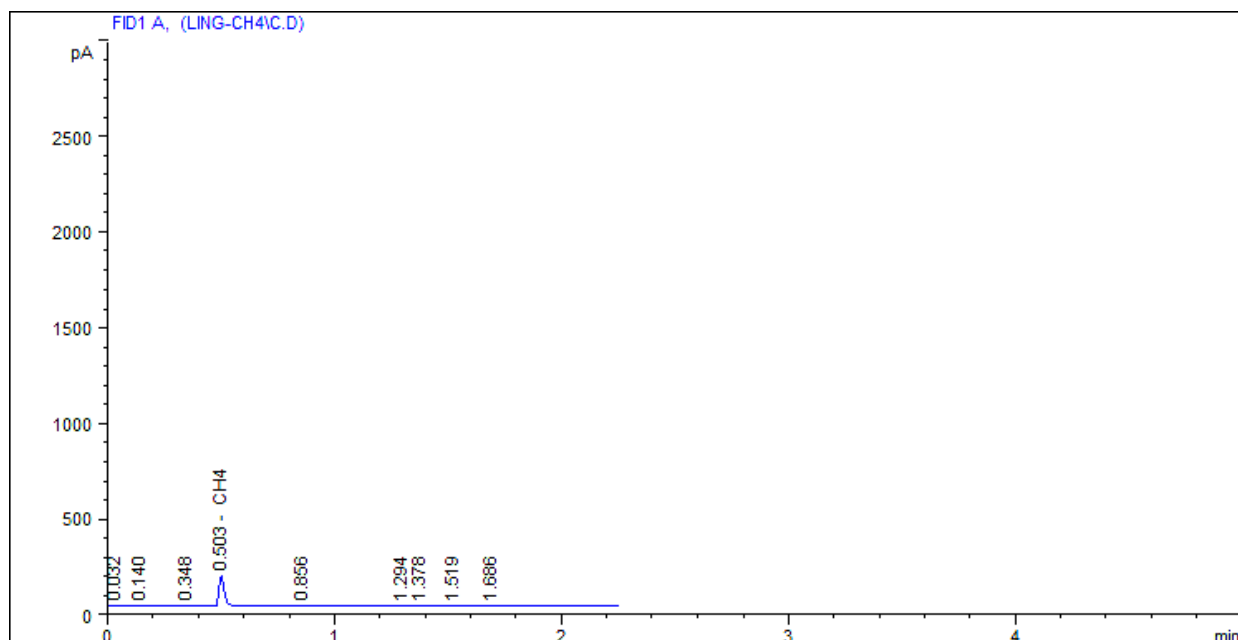
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.504	PB +	2255.79590	1.42150	3206.60808		CH4
Totals :				3206.60808		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\C.D Sample Name: BALON-T(30)K90
Instrument 1 4/29/2016 2:12:24 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 1:36:42 PM
Sample Name      : BALON- T(30)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed      : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

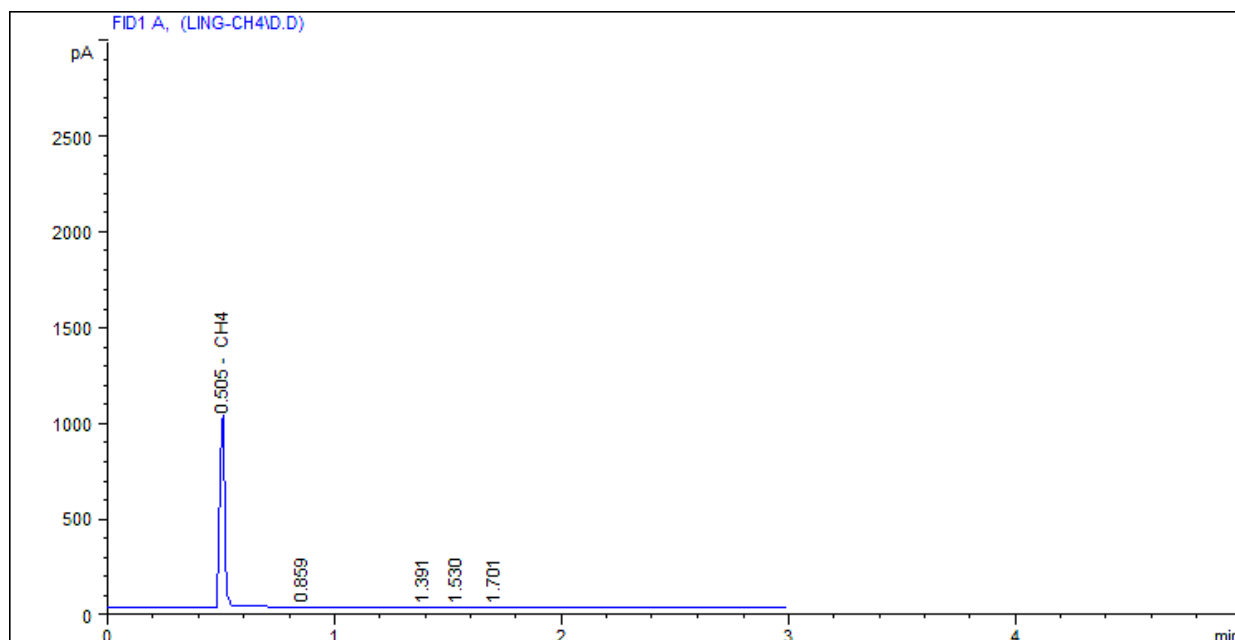
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	PV +	268.27756	1.38277	370.96714		CH4
Totals :				370.96714		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\D.D Sample Name: BALON-P(30)K70
Instrument 1 4/29/2016 2:12:31 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/28/2016 3:35:39 PM
Sample Name      : BALON- P(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

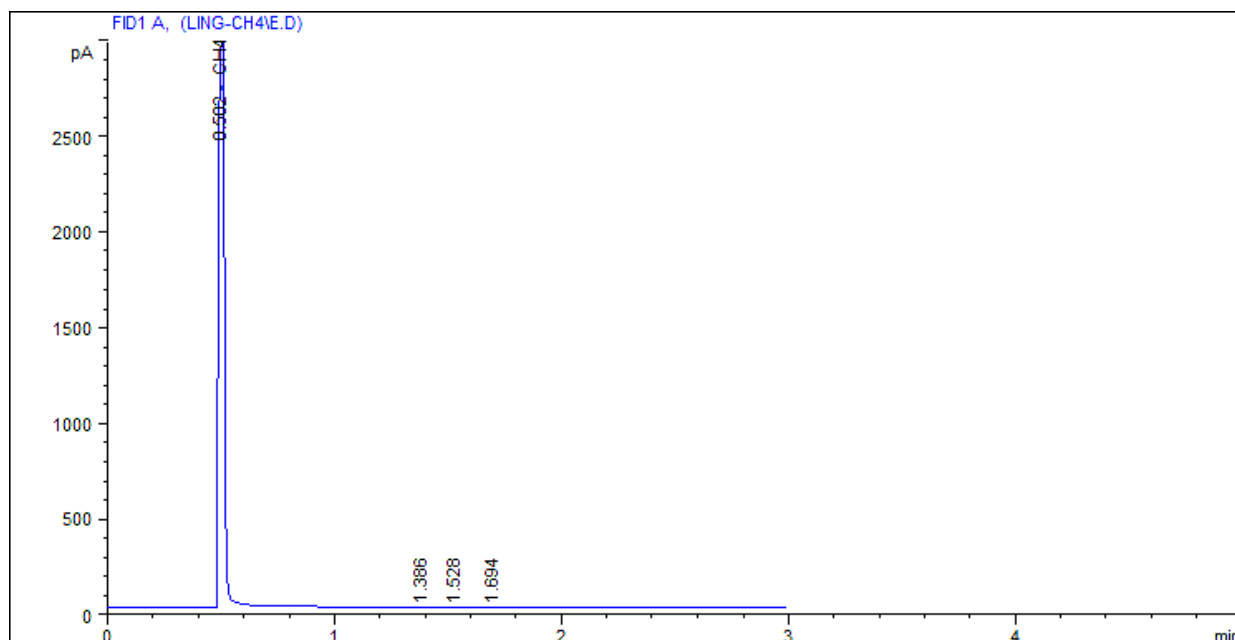
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.505	PV +	1609.01721	1.41940	2283.83314		CH4
Totals :				2283.83314		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\E.D Sample Name: BALON-T(10)K70
Instrument 1 4/29/2016 2:12:39 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```

=====
Injection Date   : 4/28/2016 4:05:43 PM
Sample Name      : BALON- T(10)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
  
```

External Standard Report (Sample Amount is 0!)

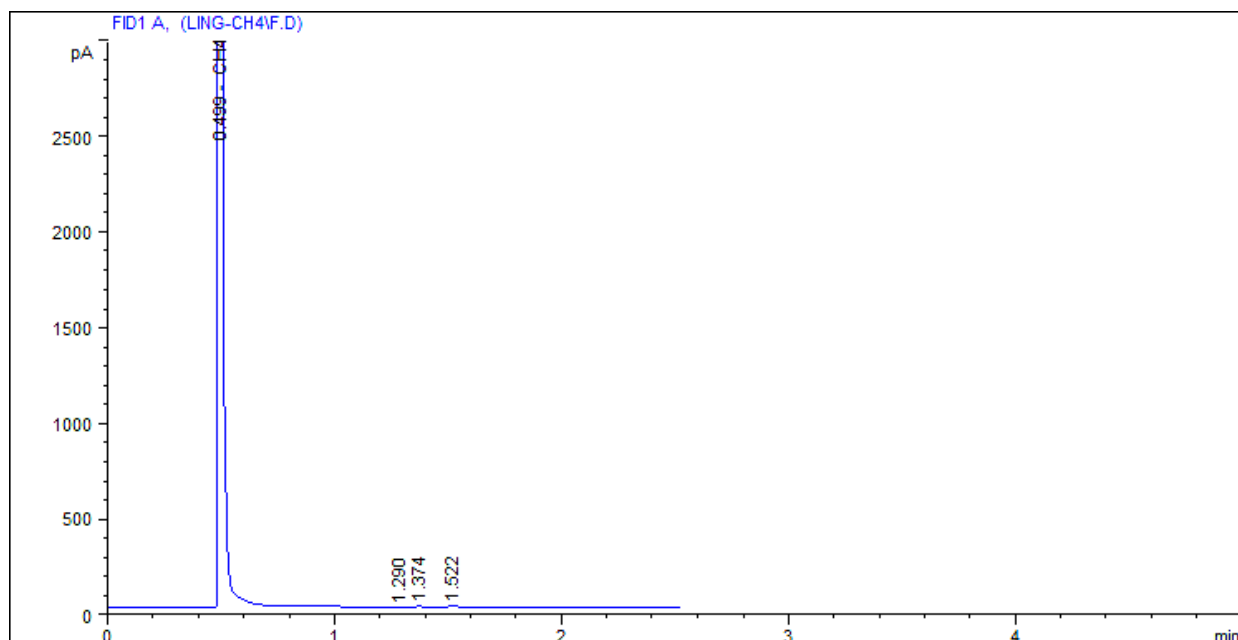
```

Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
  
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	PB S+	4770.86621	1.42425	6794.92030		CH4
Totals :				6794.92030		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\F.D Sample Name: BALON-P(10)K70
Instrument 1 4/29/2016 2:12:49 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 11:18:17 AM
Sample Name      : BALON- P(10)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

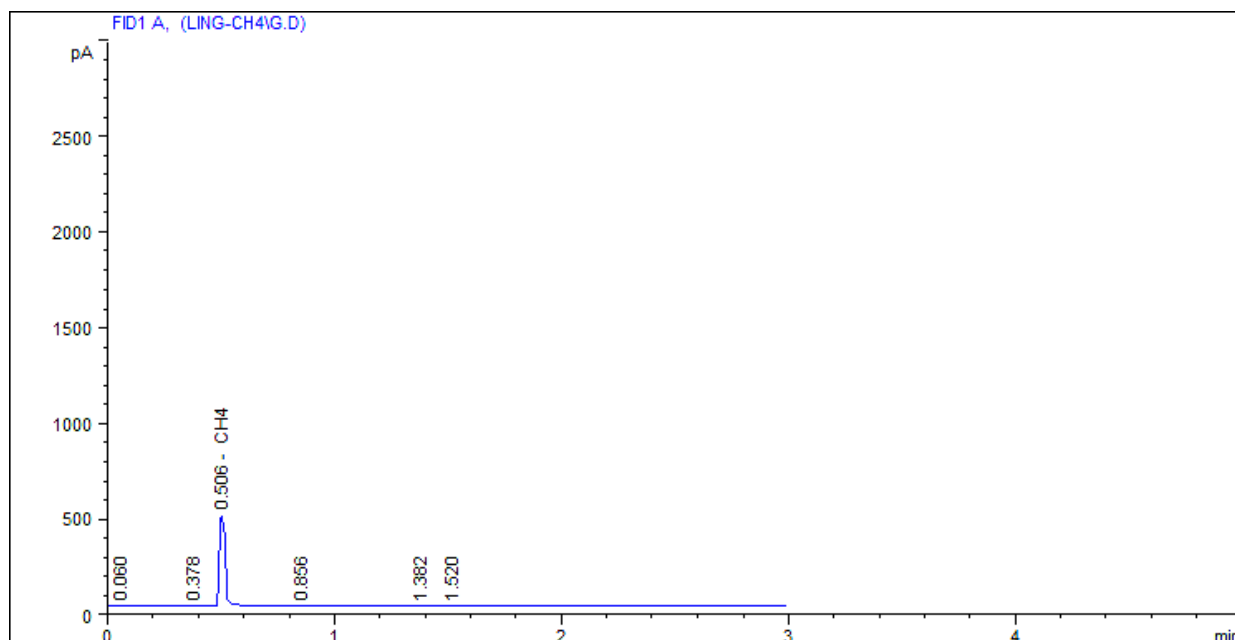
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.499	PB S+	1.30628e4	1.42582	1.86252e4		CH4
Totals :				1.86252e4		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\G.D Sample Name: BALON-T(30)K50
Instrument 1 4/29/2016 2:12:58 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 1:30:24 PM
Sample Name      : BALON- T(30)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed      : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

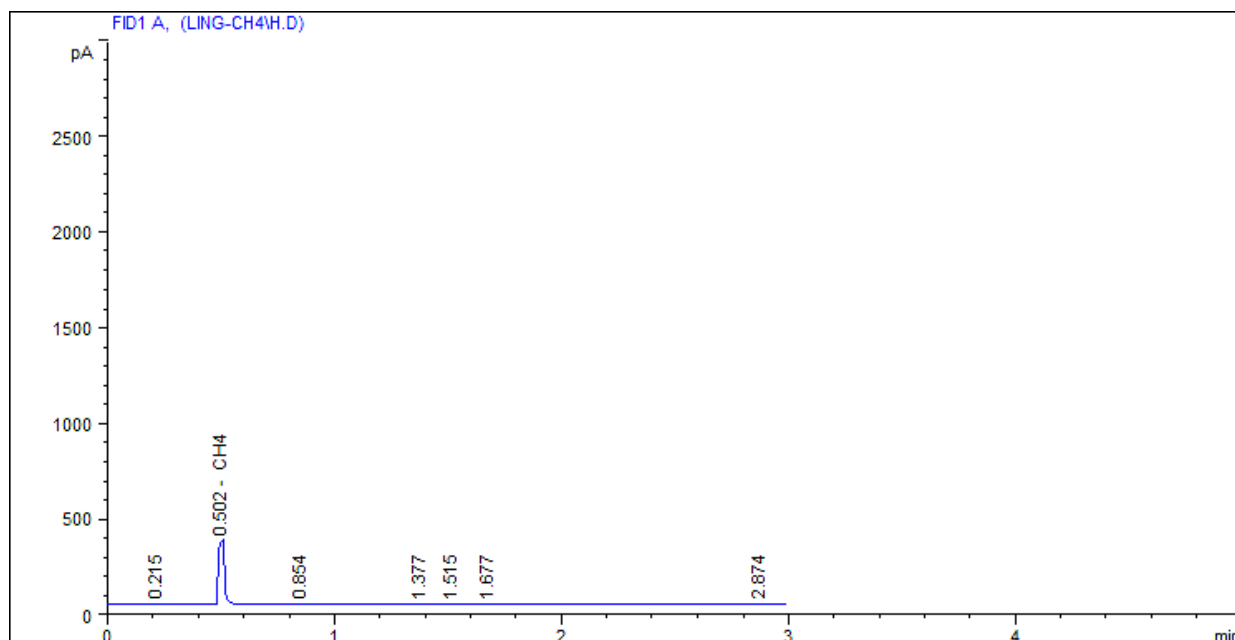
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	VV +	775.78900	1.41153	1095.04611		CH4
Totals :				1095.04611		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\H.D Sample Name: BALON-T(30)K70
Instrument 1 4/29/2016 2:13:06 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 1:18:50 PM
Sample Name      : BALON- T(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed      : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

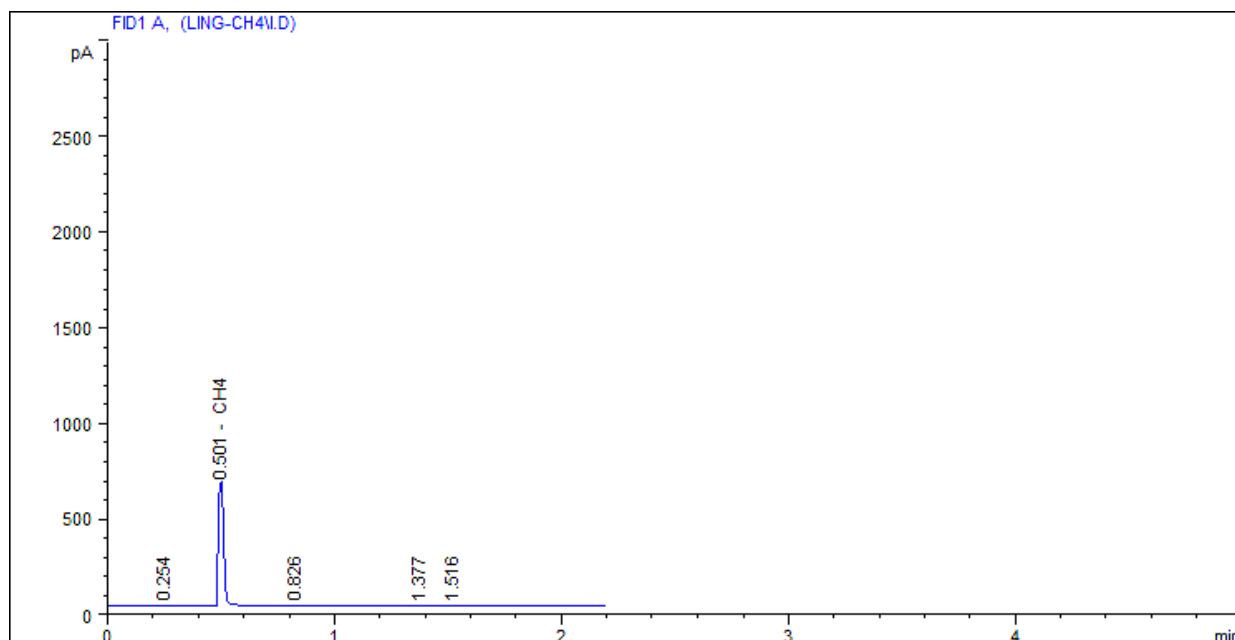
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	PV +	551.44672	1.40534	774.97150		CH4
Totals :				774.97150		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\I.D Sample Name: BALON-P(30)K90
Instrument 1 4/29/2016 2:13:14 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 1:34:00 PM
Sample Name      : BALON- P(30)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed      : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

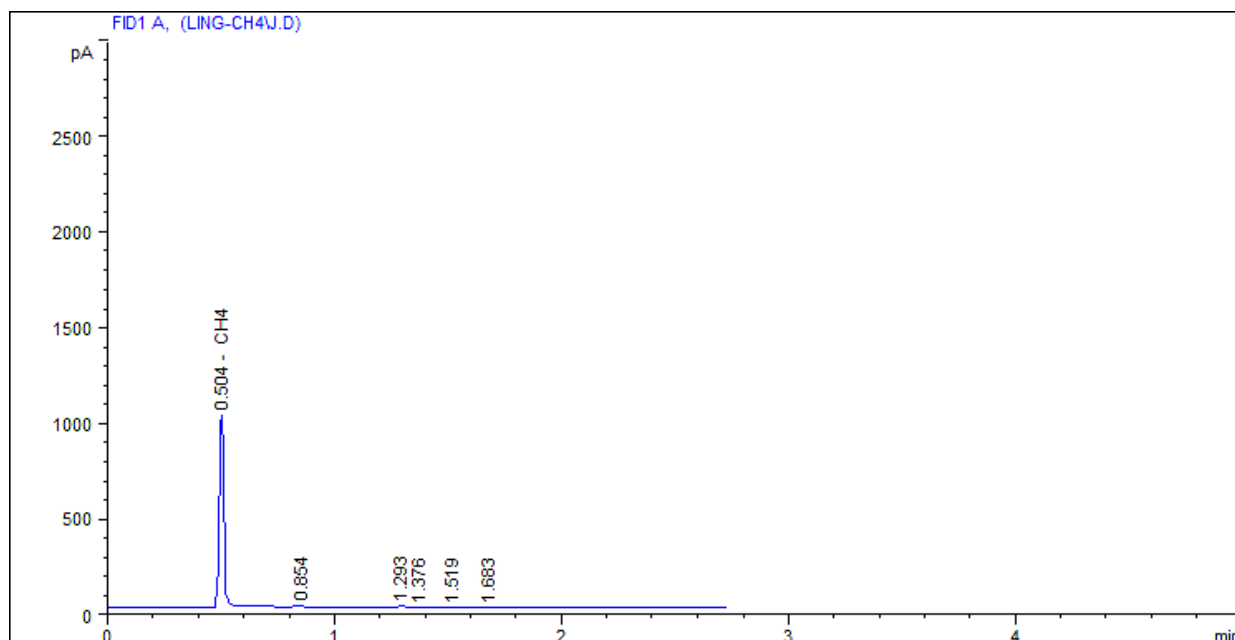
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.501	PV +	1041.49792	1.41540	1474.13952		CH4
Totals :				1474.13952		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\J.D Sample Name: BALON-P(30)K70
Instrument 1 4/29/2016 2:13:23 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 11:10:54 AM
Sample Name      : BALON- P(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

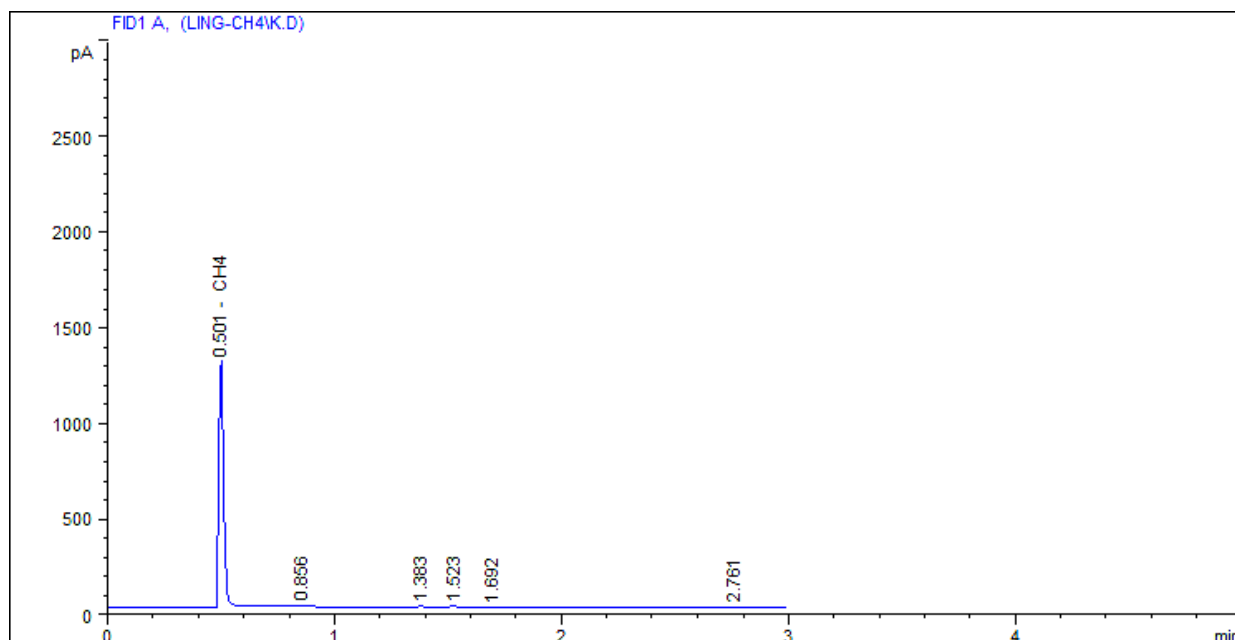
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.504	PV +	1610.81445	1.41940	2286.39731		CH4
Totals :				2286.39731		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\K.D Sample Name: BALON-P(10)K50
Instrument 1 4/29/2016 2:13:33 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/28/2016 4:12:09 PM
Sample Name      : BALON- P(10)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 4:13:26 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

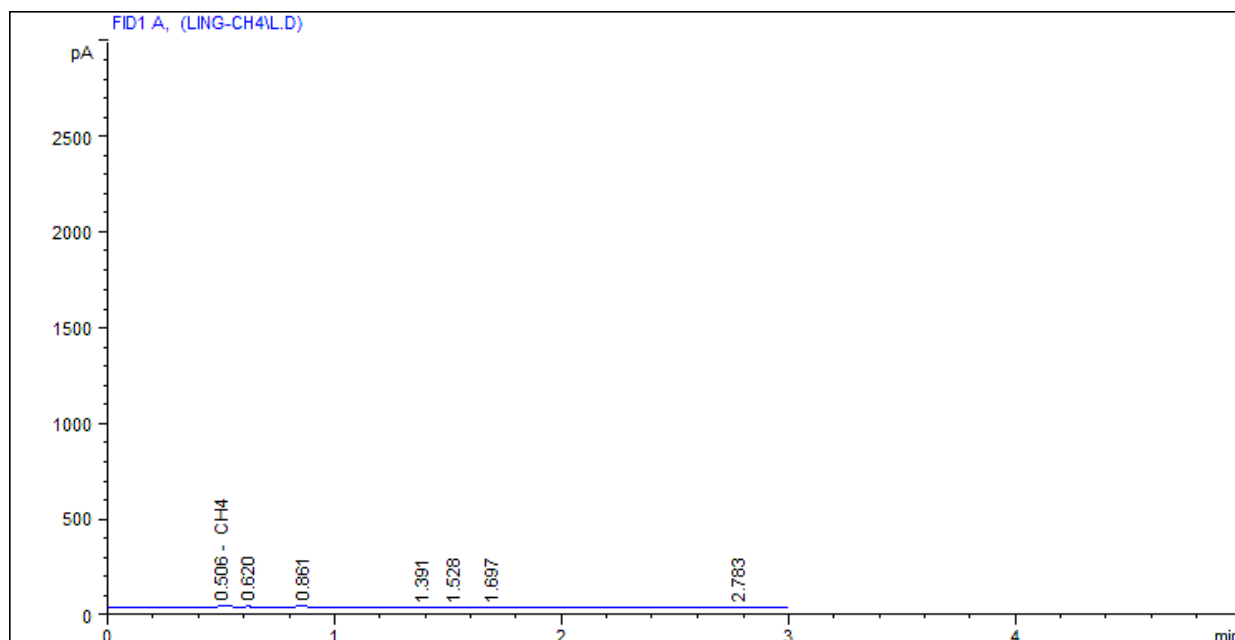
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.501	PV +	2065.92407	1.42102	2935.71331		CH4
Totals :				2935.71331		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\L.D Sample Name: BALON-T(30)K90
Instrument 1 4/29/2016 2:13:43 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/28/2016 3:46:38 PM
Sample Name      : BALON- T(30)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

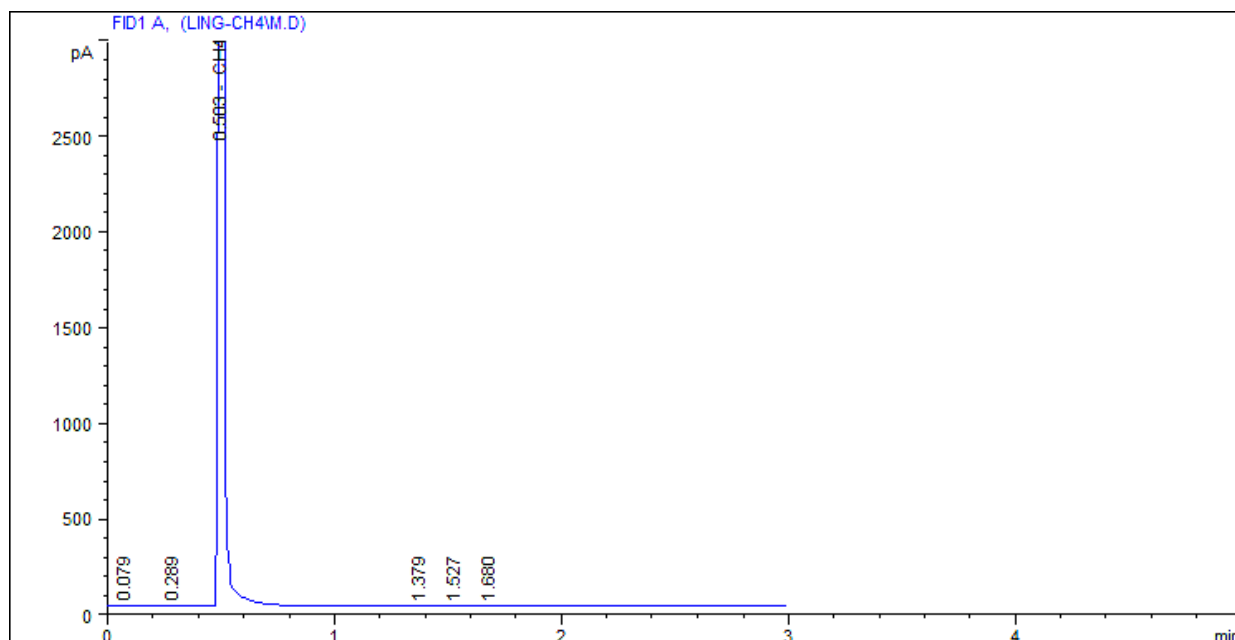
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	PV +	23.29904	9.20652e-1	21.45031		CH4
Totals :				21.45031		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\M.D Sample Name: BALON-P(10)K70
Instrument 1 4/29/2016 2:13:52 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 1:39:31 PM
Sample Name      : BALON- P(10)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed      : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

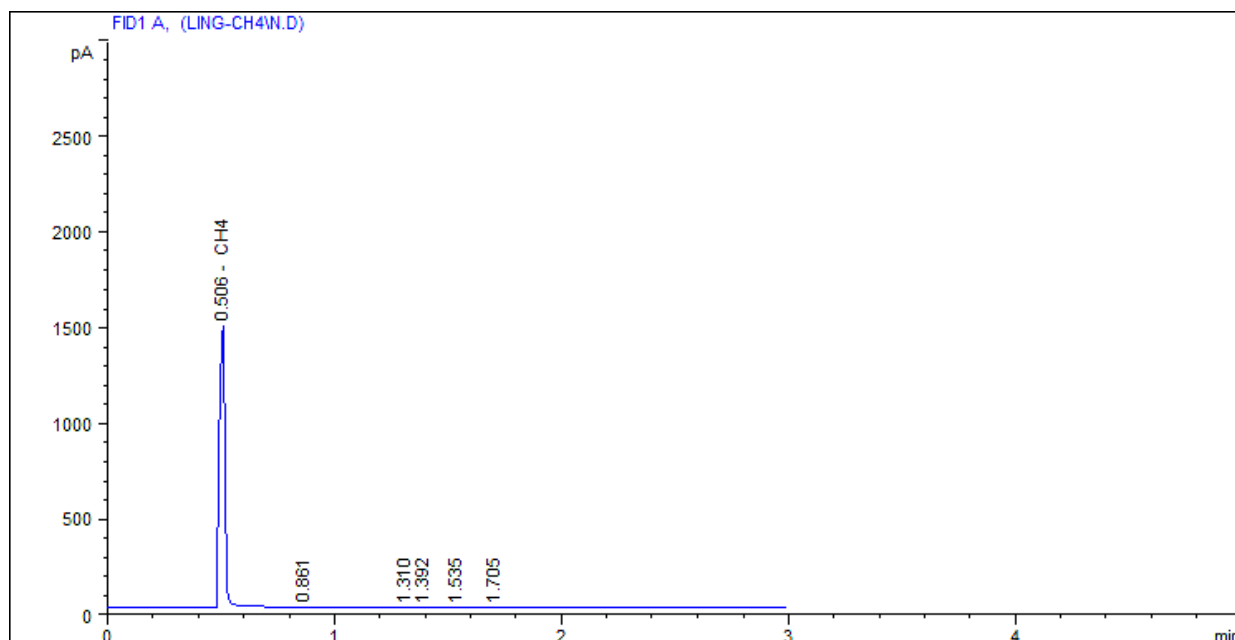
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	PB S+	1.42760e4	1.42590	2.03561e4		CH4
Totals :				2.03561e4		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\N.D Sample Name: BALON-T(10)K90
Instrument 1 4/29/2016 2:14:04 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/28/2016 3:19:03 PM
Sample Name     : BALON- T(10)K90
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj            : 1
Inj Volume     : Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 4/28/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

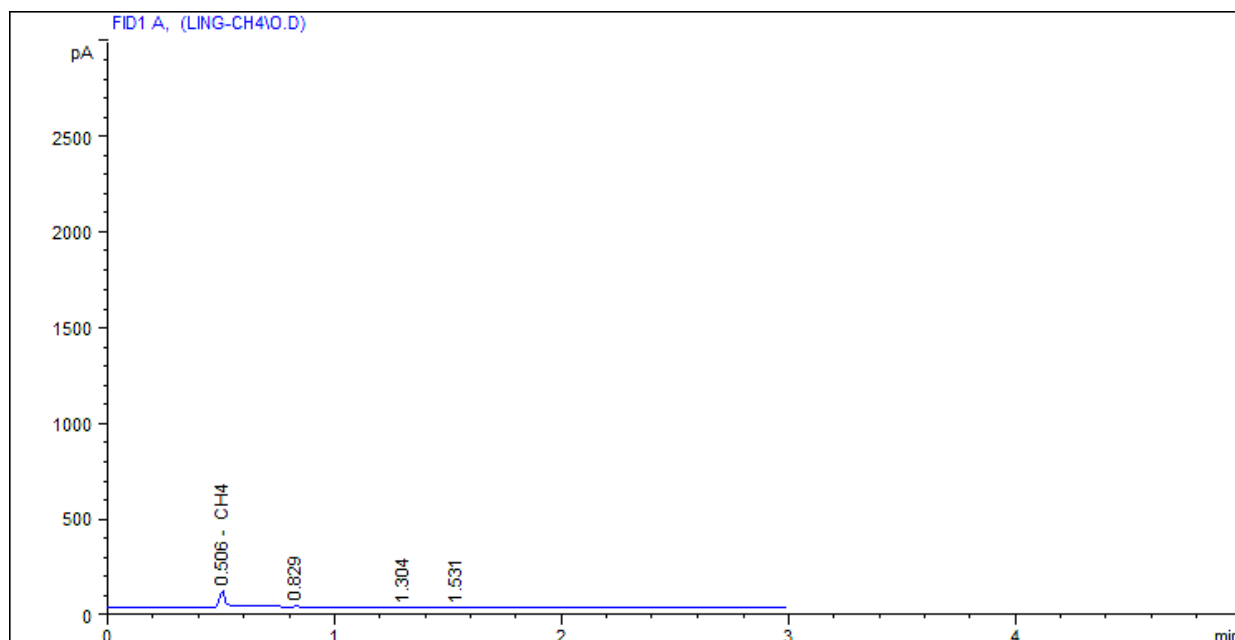
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	PV +	2378.21240	1.42177	3381.26270		CH4
Totals :				3381.26270		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\O.D Sample Name: BALON-T(30)K50
Instrument 1 4/29/2016 2:14:14 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/28/2016 3:53:43 PM
Sample Name      : BALON- T(30)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

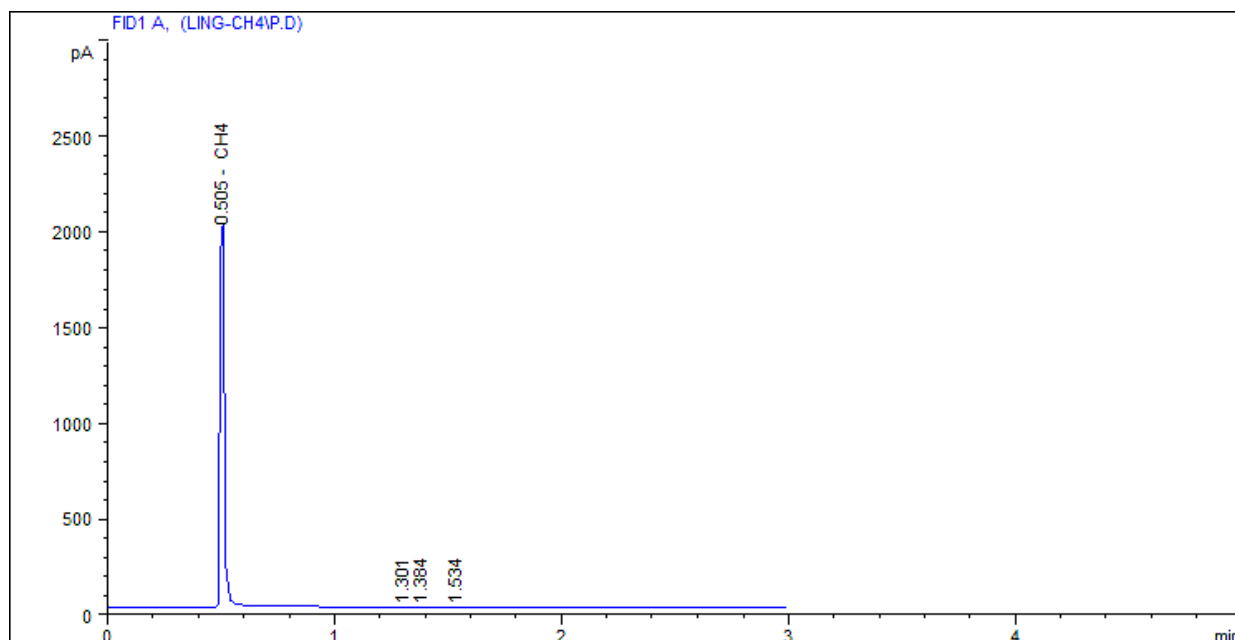
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	PV +	171.28380	1.35789	232.58378		CH4
Totals :				232.58378		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\P.D Sample Name: BALON-P(30)K50
Instrument 1 4/29/2016 2:14:25 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/28/2016 4:19:03 PM
Sample Name      : BALON- P(30)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 4:18:37 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

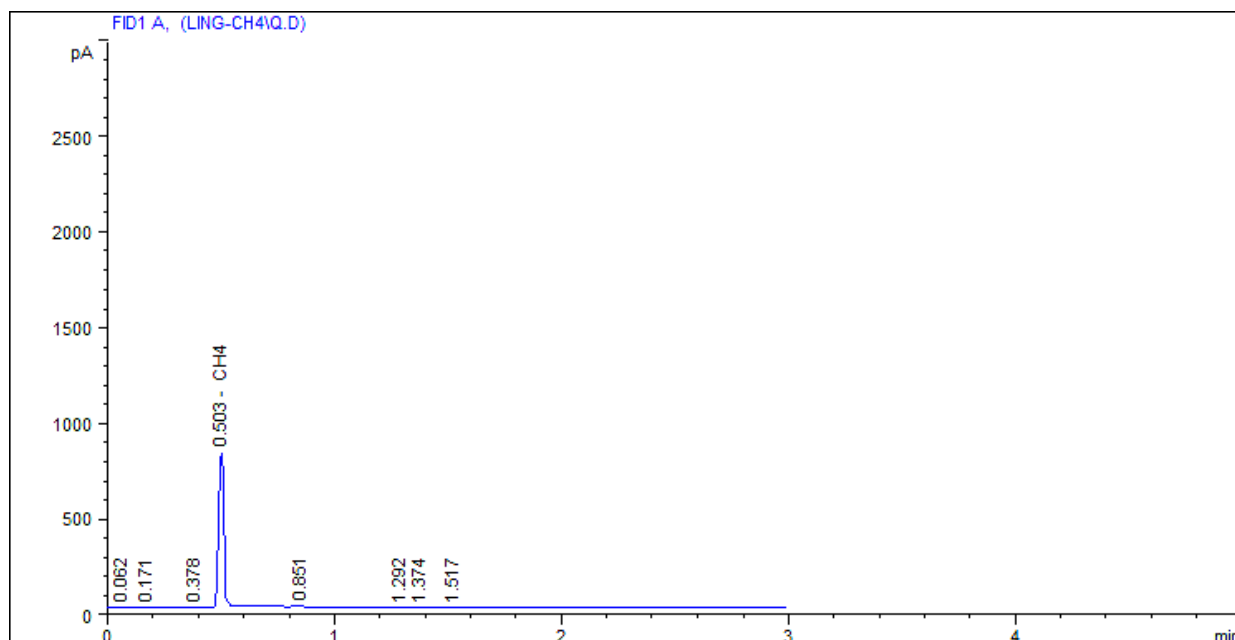
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.505	PB +	3223.20825	1.42307	4586.83891		CH4
Totals :				4586.83891		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\Q.D Sample Name: BALON-P(30)K90
Instrument 1 4/29/2016 2:14:36 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 11:14:06 AM
Sample Name      : BALON- P(30)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

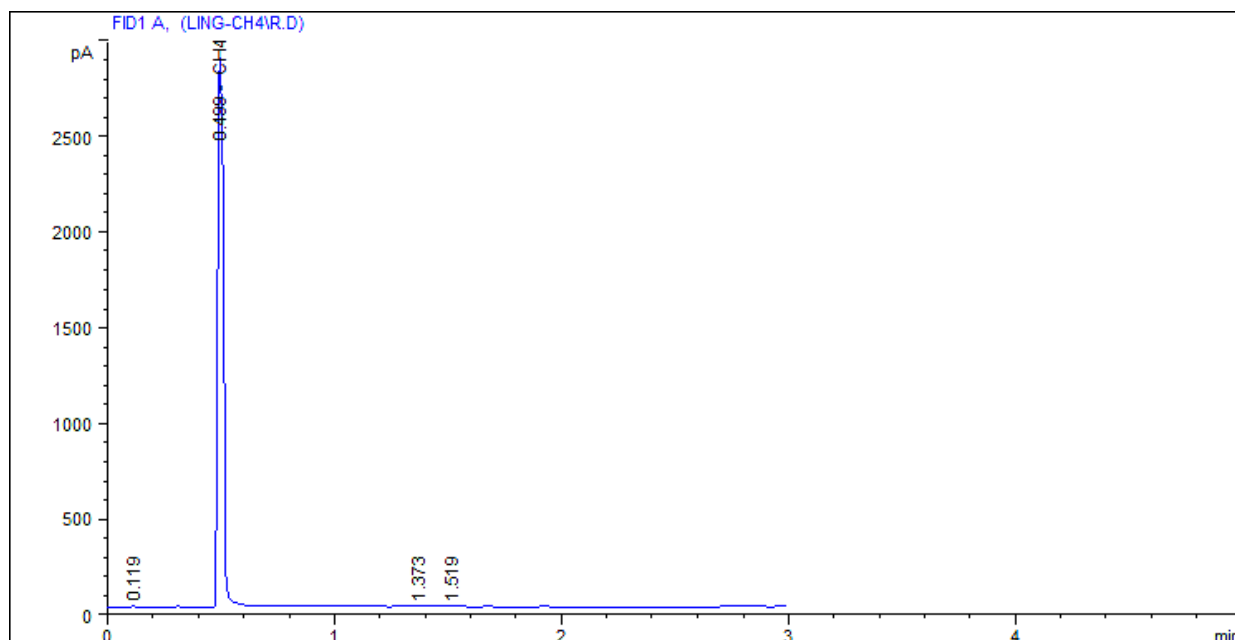
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	VV +	1303.17676	1.41768	1847.48310		CH4
Totals :				1847.48310		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\R.D Sample Name: BALON-R T(10)K70
Instrument 1 4/29/2016 2:14:45 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```

=====
Injection Date   : 4/29/2016 11:21:31 AM
Sample Name     : BALON- T(10)K70
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 4/28/2016 4:34:54 PM
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
  
```

External Standard Report (Sample Amount is 0!)

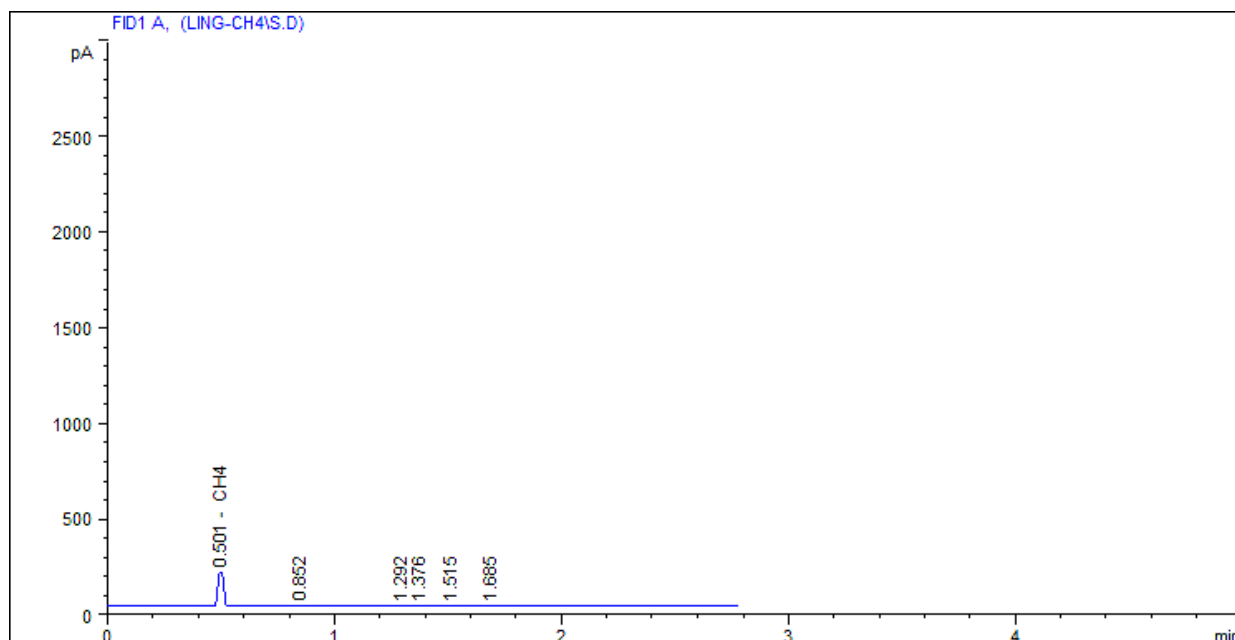
```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
  
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.499	PB +	4600.52002	1.42416	6551.88323		CH4
Totals :				6551.88323		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\S.D Sample Name: BALON-T(30)K70
Instrument 1 4/29/2016 2:14:56 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 11:28:31 AM
Sample Name      : BALON- T(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

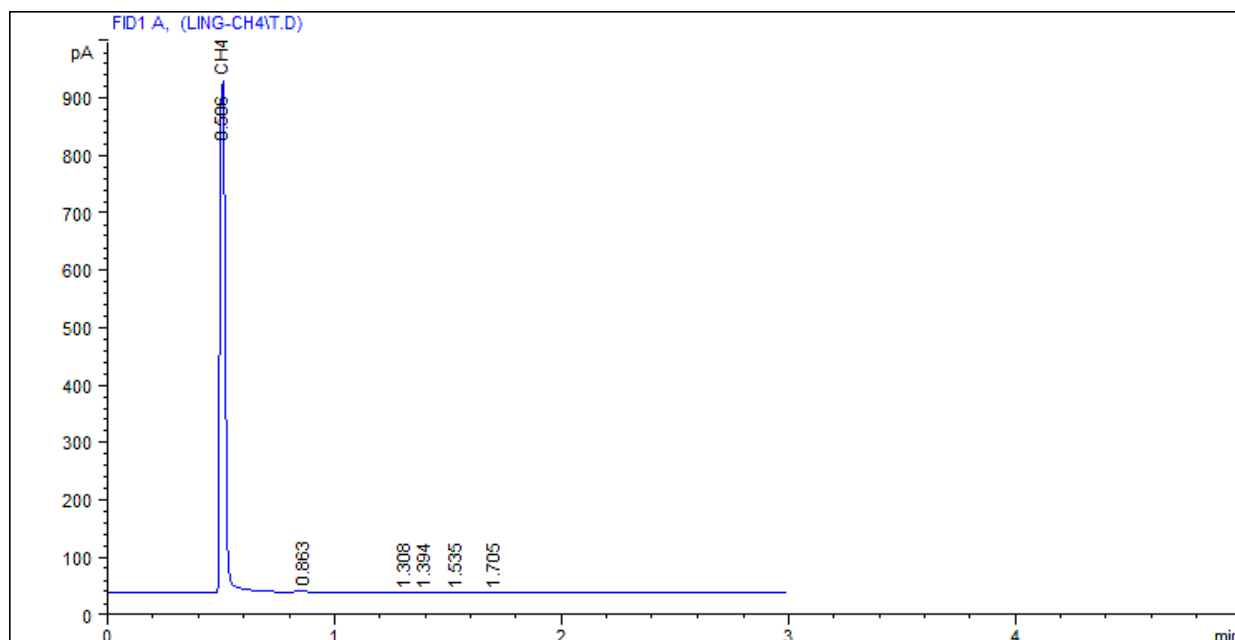
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.501	PB +	300.88562	1.38754	417.48986		CH4
Totals :				417.48986		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\T.D Sample Name: BALON-T(10)K50
Instrument 1 4/29/2016 3:09:48 PM

HP-PORAPLOT-Q04-1uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 3:00:21 PM
Sample Name     : BALON- T(10)K50
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually

Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 4/29/2016 2:17:12 PM
=====
```

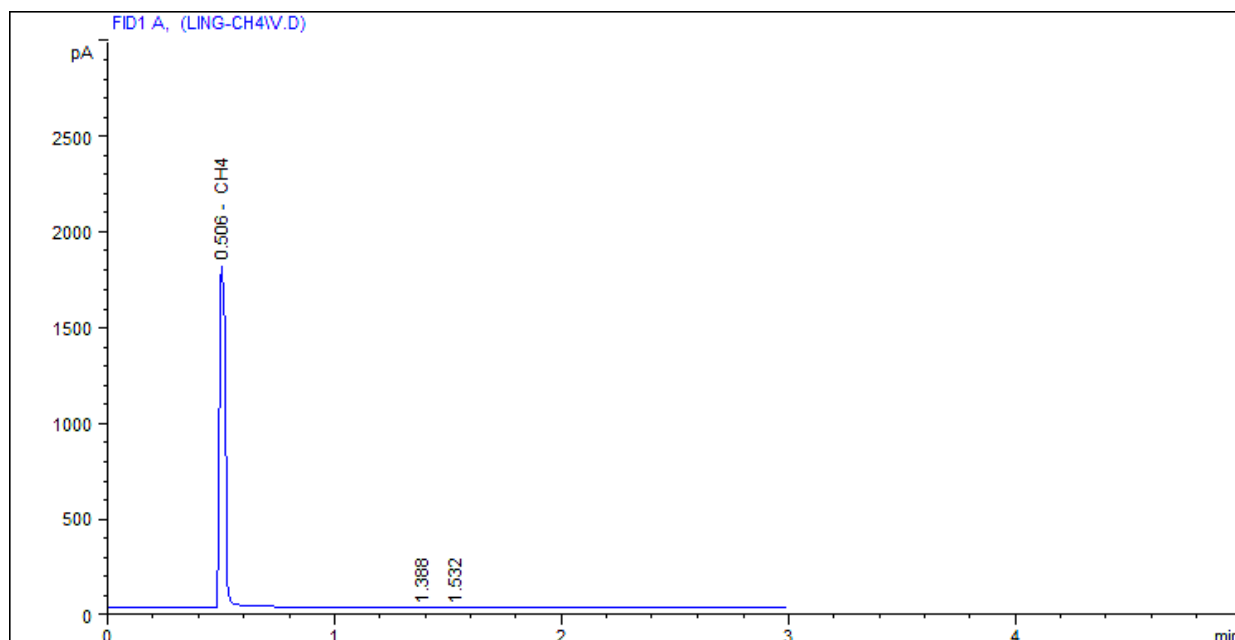
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/29/2016 2:17:05 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	PV +	1446.66211	1.41857	2052.19715		CH4
Totals :				2052.19715		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\V.D Sample Name: BALON-P(10)K90
Instrument 1 4/29/2016 2:15:10 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/28/2016 3:28:10 PM
Sample Name      : BALON- P(10)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

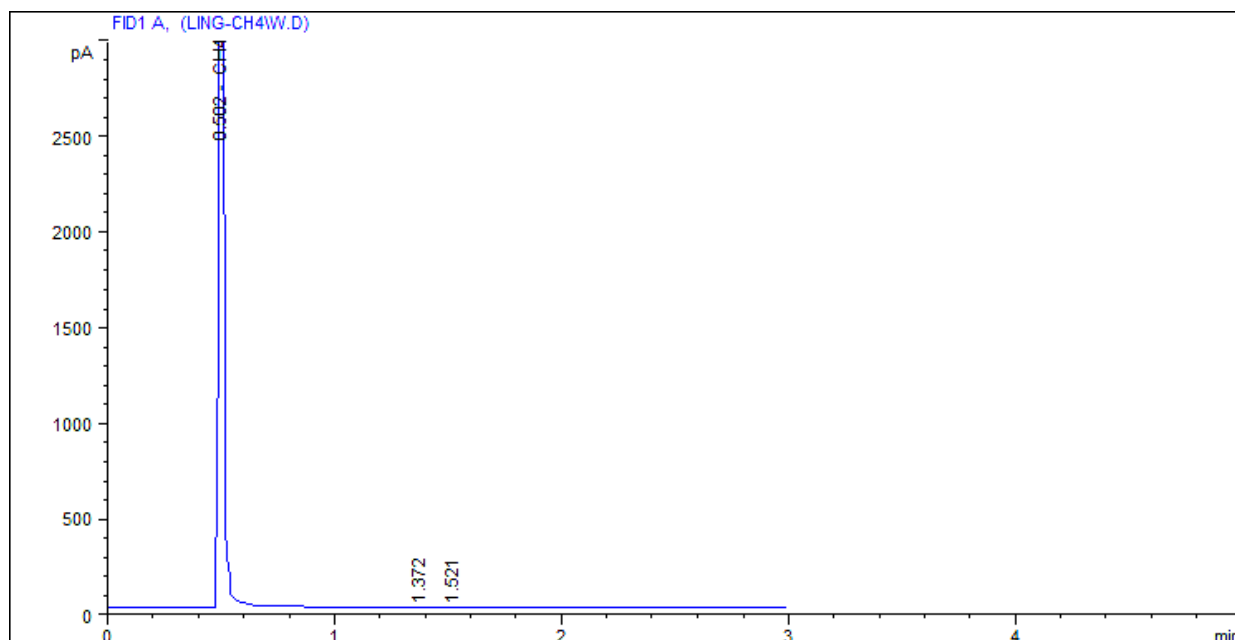
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	PB +	2890.35986	1.42264	4111.95598		CH4
Totals :				4111.95598		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\W.D Sample Name: BALON-P(10)K90
Instrument 1 4/29/2016 2:15:22 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 11:07:00 AM
Sample Name      : BALON- P(10)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

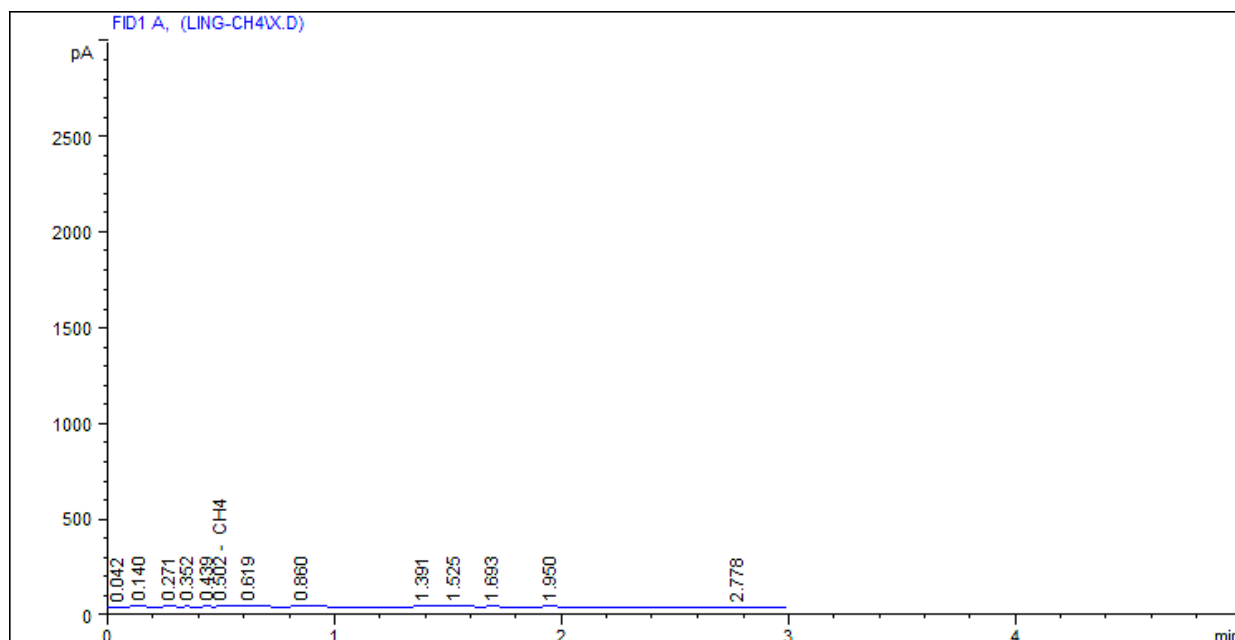
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	PB S+	8158.68115	1.42528	1.16284e4		CH4
Totals :				1.16284e4		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\X.D Sample Name: BALON-P(10)K50
Instrument 1 4/29/2016 2:15:35 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/28/2016 4:29:39 PM
Sample Name     : BALON- P(10)K50
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 4/28/2016 4:18:37 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

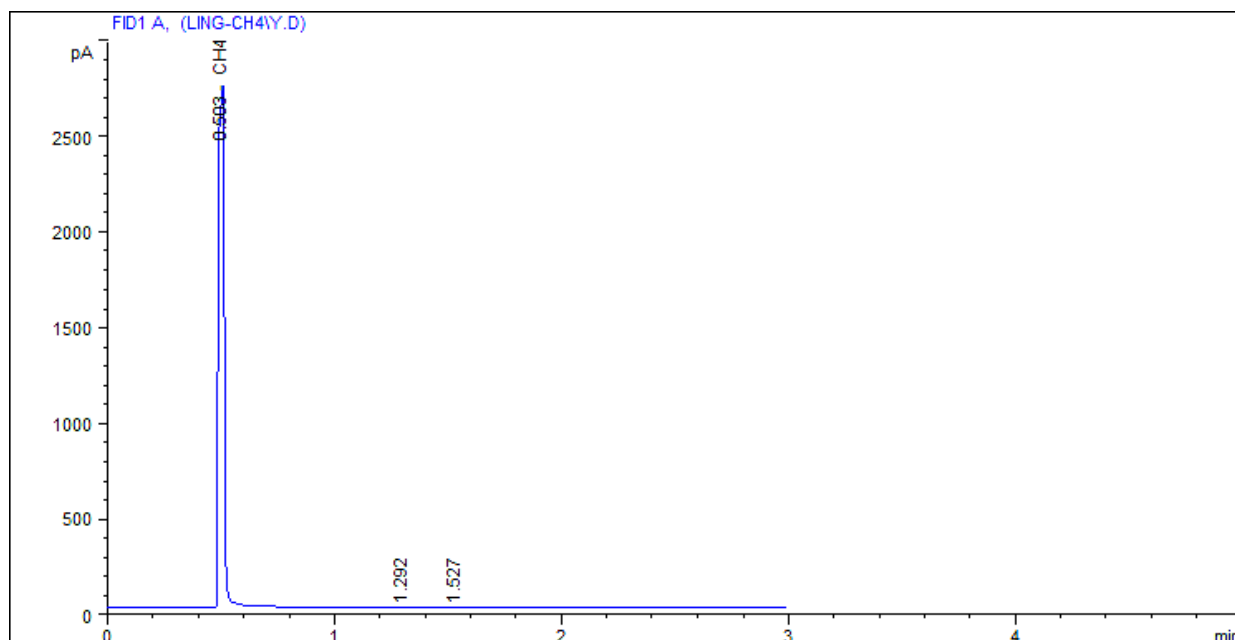
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	VV +	17.45507	7.51219e-1	13.11257		CH4
Totals :				13.11257		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\Y.D Sample Name: BALON-P(30)K50
Instrument 1 4/29/2016 2:15:45 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 4/29/2016 11:01:58 AM
Sample Name      : BALON- P(30)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/28/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 4/29/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

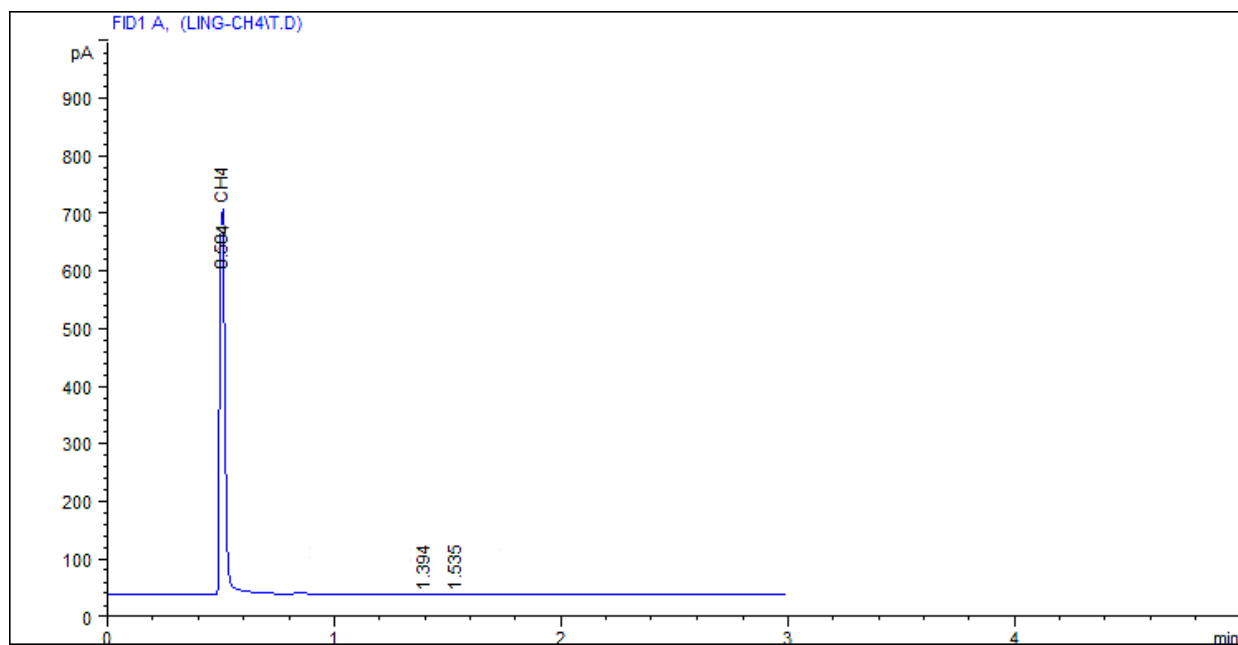
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 4/28/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	PB S+	4335.96777	1.42401	6174.44008		CH4
Totals :				6174.44008		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\B.D Sample Name: BALON-T(10)K90
Instrument 1 5/14/2016 2:12:16 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 1:26:56 PM
Sample Name      : BALON-T(10)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

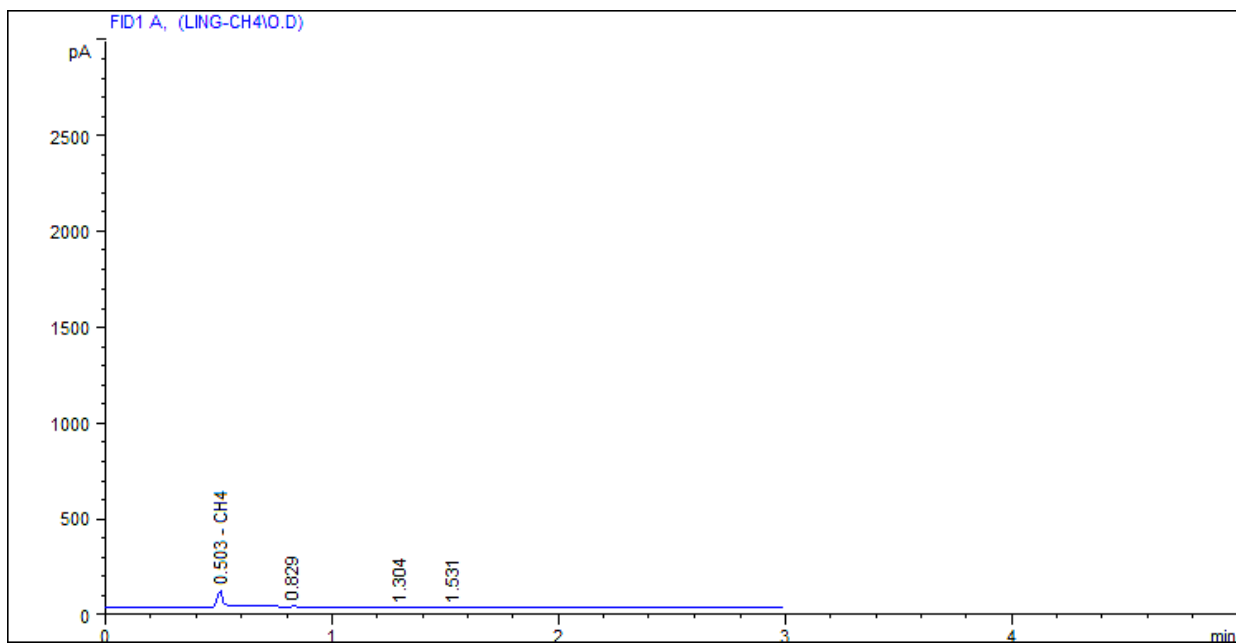
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.504	PB +	1446.66211	1.41857	2052.19147		CH4
Totals :				2052.19147		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\C.D Sample Name: BALON-T(30)K90
Instrument 1 5/14/2016 2:12:24 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 1:36:42 PM
Sample Name     : BALON-T(30)K90
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually

Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

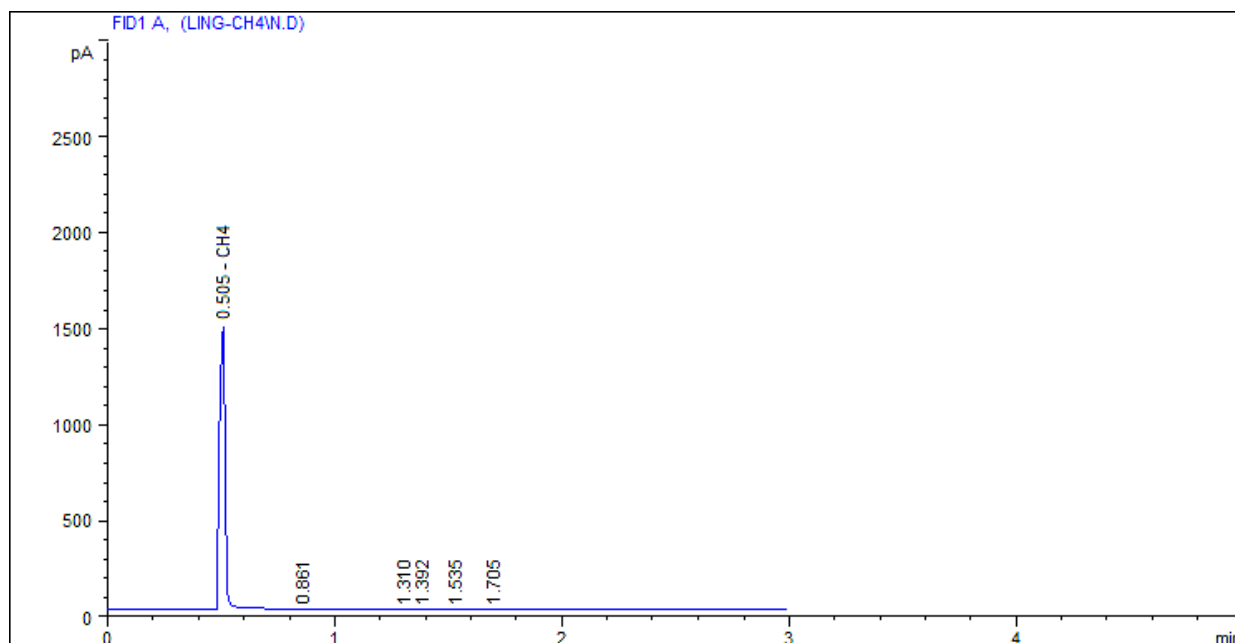
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	PV +	171.28380	1.35790	232.58456		CH4
Totals :				232.58456		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\D.D Sample Name: BALON-P(30)K70
Instrument 1 5/14/2016 2:12:31 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/13/2016 3:35:39 PM
Sample Name      : BALON-P(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

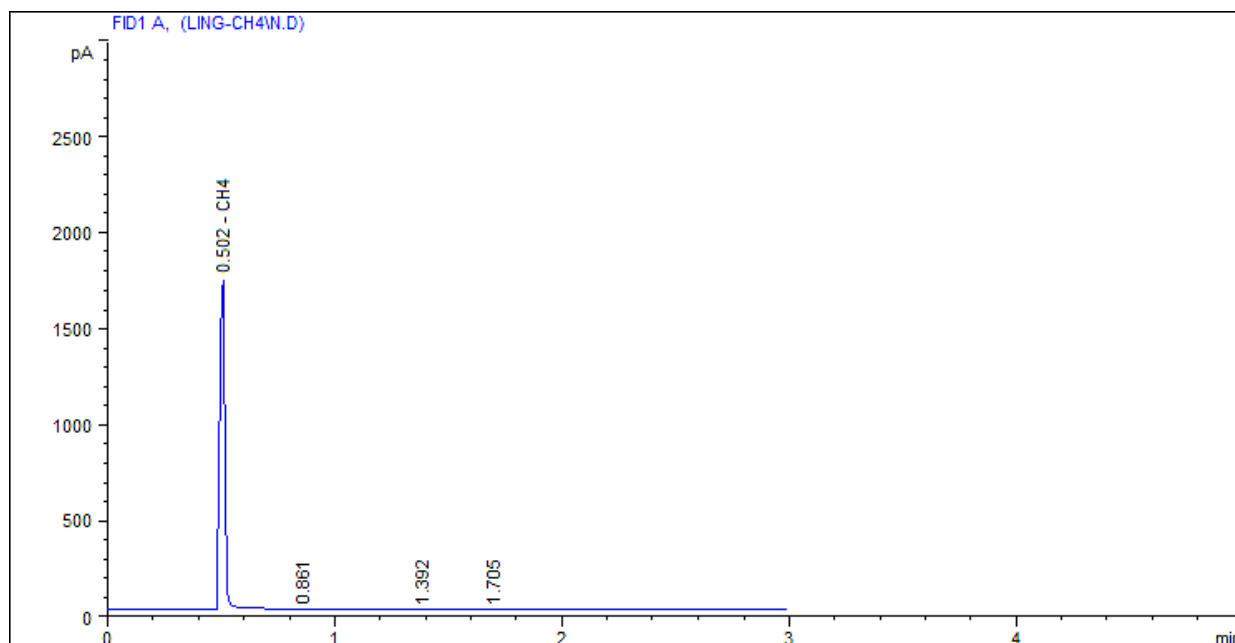
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.505	PV +	2255.79590	1.42150	3206.61387		CH4
Totals :				3206.61387		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\E.D Sample Name: BALON-T(10)K70
Instrument 1 5/14/2016 2:12:39 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/13/2016 4:05:43 PM
Sample Name      : BALON-T(10)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

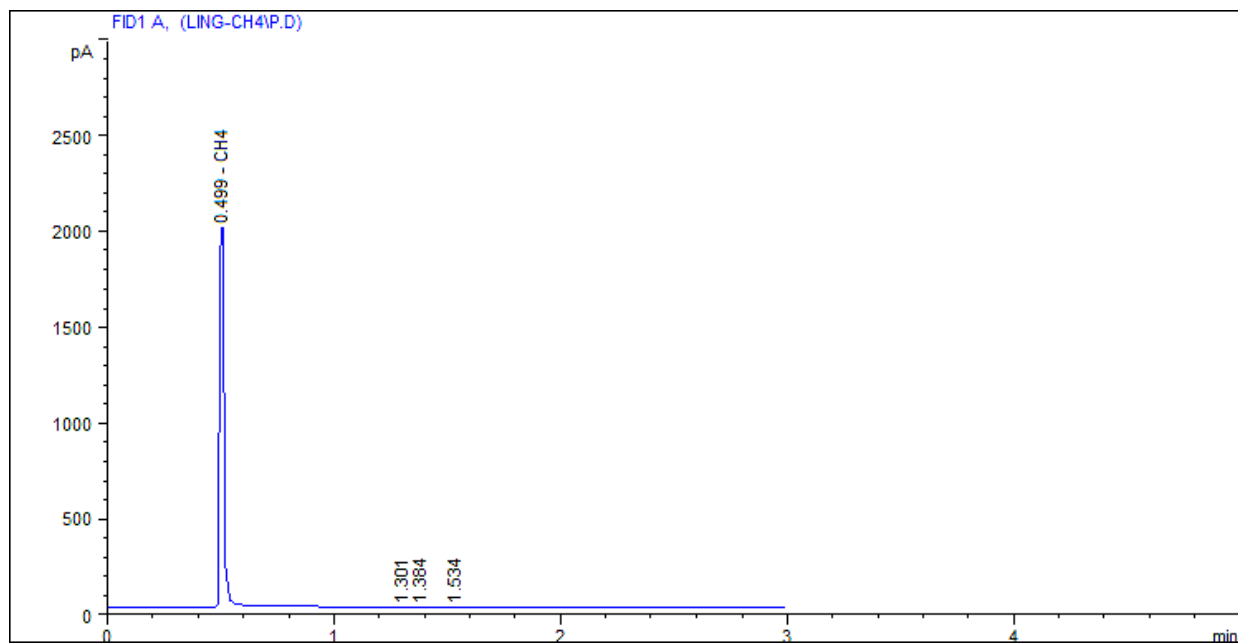
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	PB S+	2255.79580	1.42150	3206.61387		CH4
Totals :				3206.61387		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\F.D Sample Name: BALON-P(10)K70
Instrument 1 5/14/2016 2:12:49 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:18:17 AM
Sample Name      : BALON-P(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

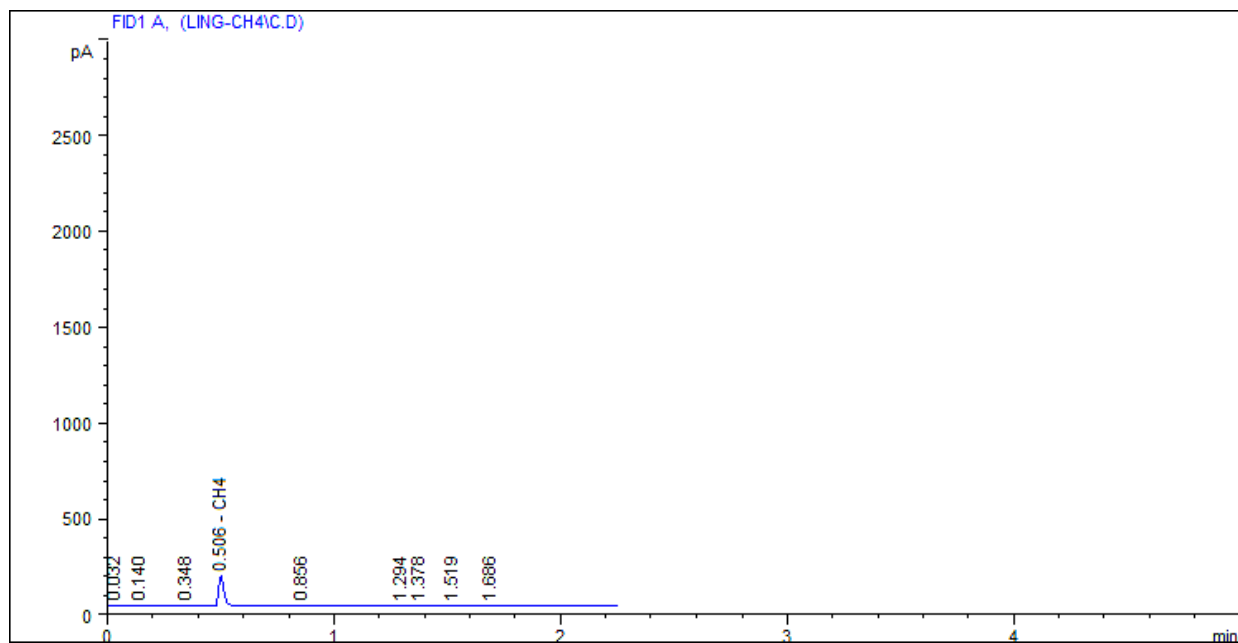
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.499	PB S+	3223.20825	1.42307	4586.85096		CH4
Totals :				4586.85096		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\G.D Sample Name: BALON-T(30)K50
Instrument 1 5/14/2016 2:12:58 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 1:30:24 PM
Sample Name     : BALON-T(30)K50
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually

Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

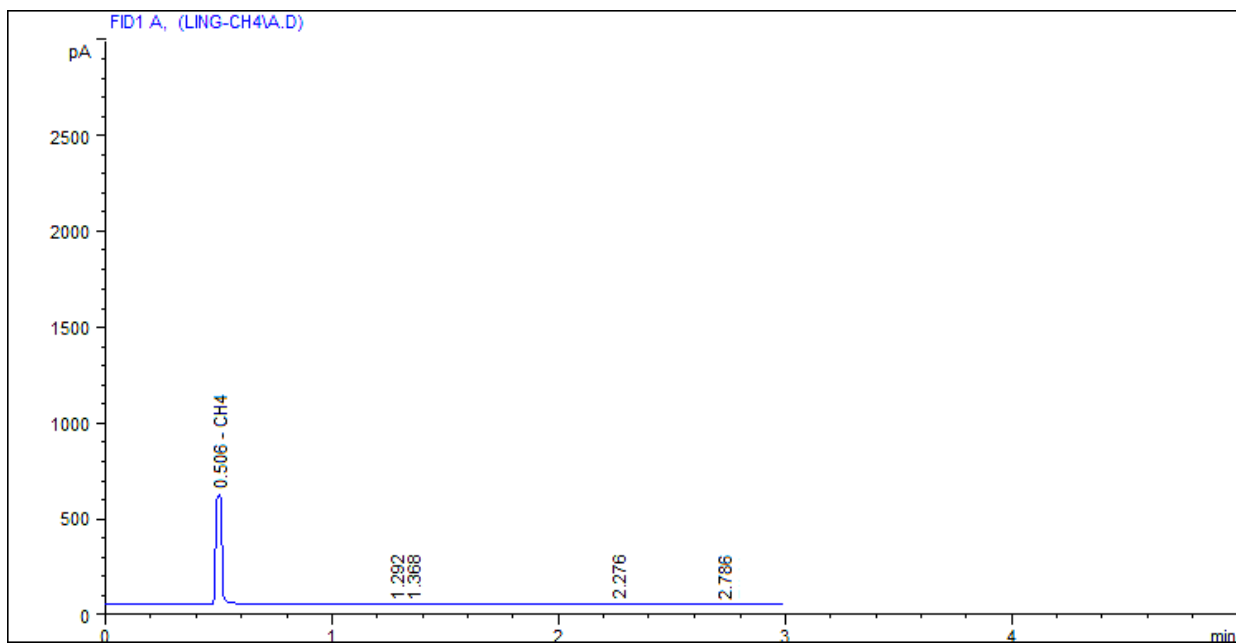
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	VV +	268.27756	1.38277	370.96616		CH4
Totals :				370.96616		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\O.D Sample Name: BALON-T(10)K50
Instrument 1 5/14/2016 2:14:14 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/13/2016 3:53:43 PM
Sample Name      : BALON-T(10)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 3:20:21 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

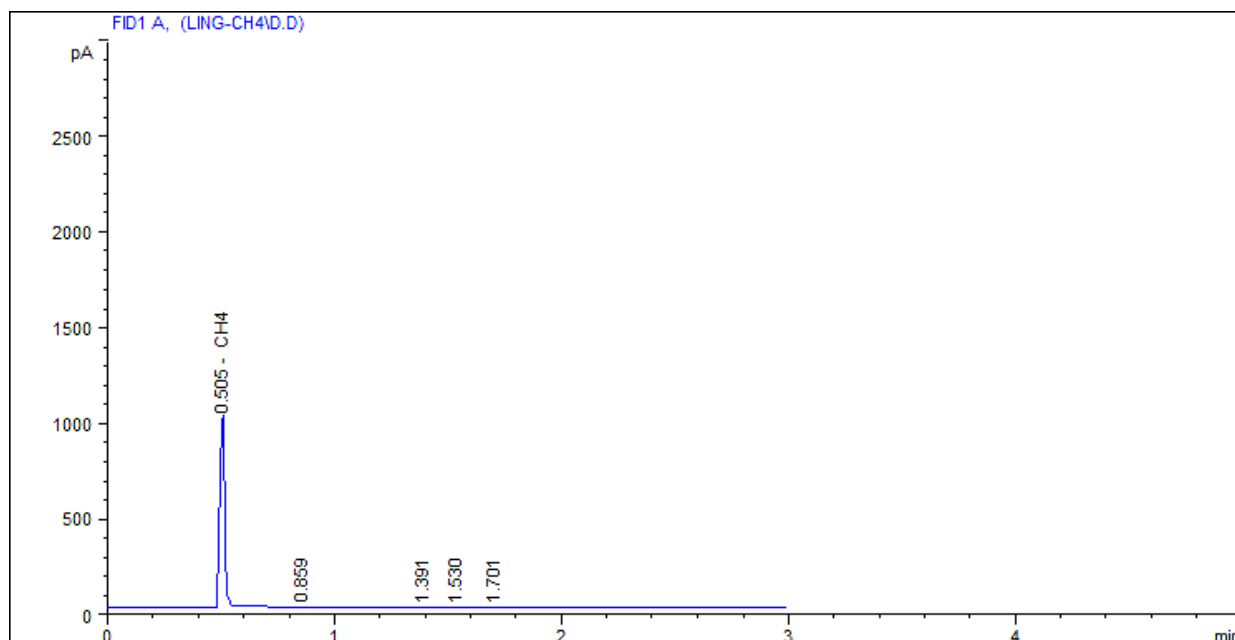
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	PV +	945.71838	1.41426	1337.49168		CH4
Totals :				1337.49168		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\P.D Sample Name: BALON-P(30)K50
Instrument 1 5/14/2016 2:14:25 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/13/2016 4:19:03 PM
Sample Name      : BALON-P(30)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:18:37 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

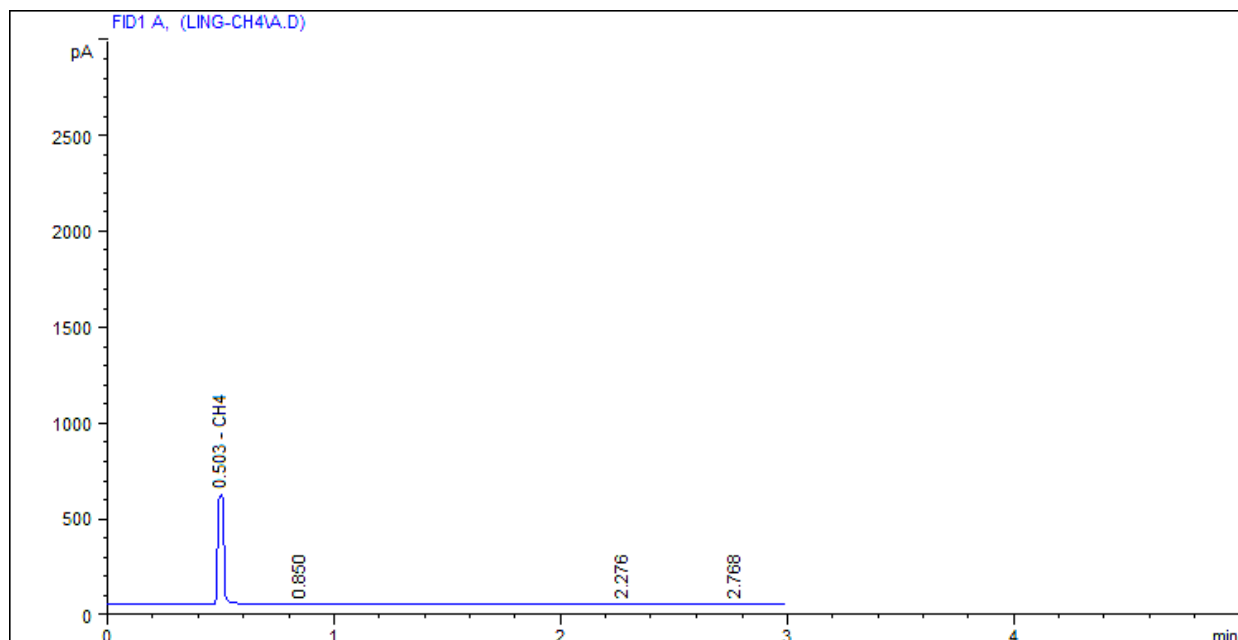
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.505	PB +	1609.01721	1.41940	2283.83903		CH4
Totals :				2283.83903		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\Q.D Sample Name: BALON-P(30)K90
Instrument 1 5/14/2016 2:14:36 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:14:06 AM
Sample Name      : BALON-P(30)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

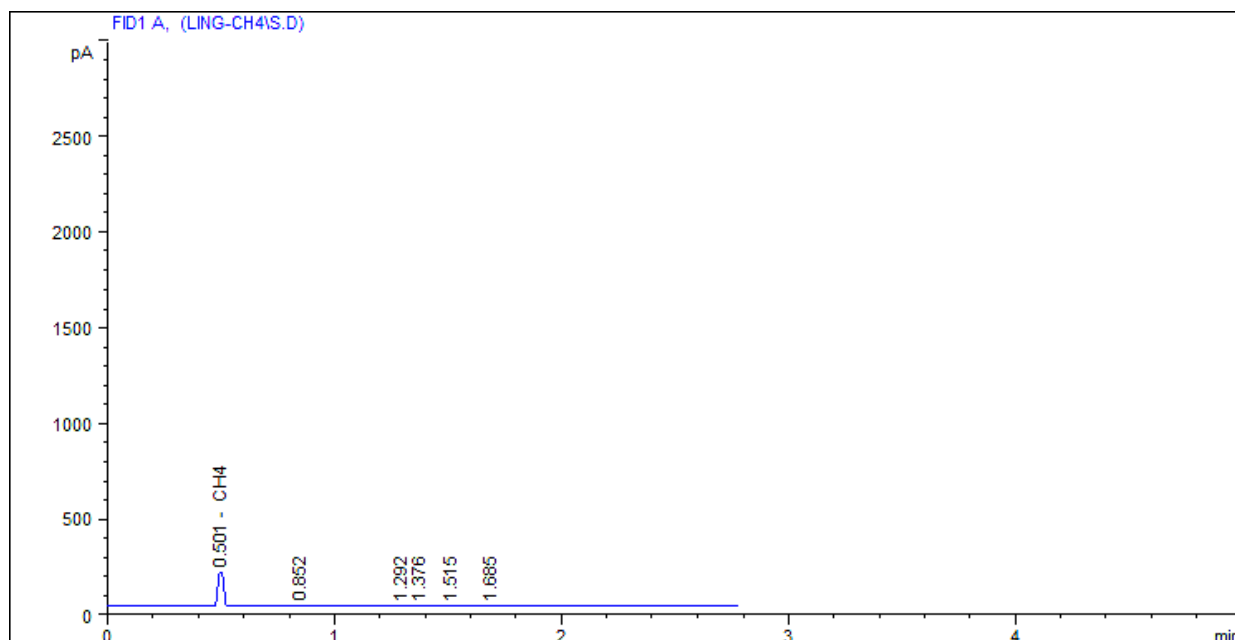
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	VV +	945.71838	1.41426	1337.49168		CH4
Totals :				1337.49168		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\S.D Sample Name: BALON-T(30)K70
Instrument 1 5/14/2016 2:14:56 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:28:31 AM
Sample Name      : BALON-T(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

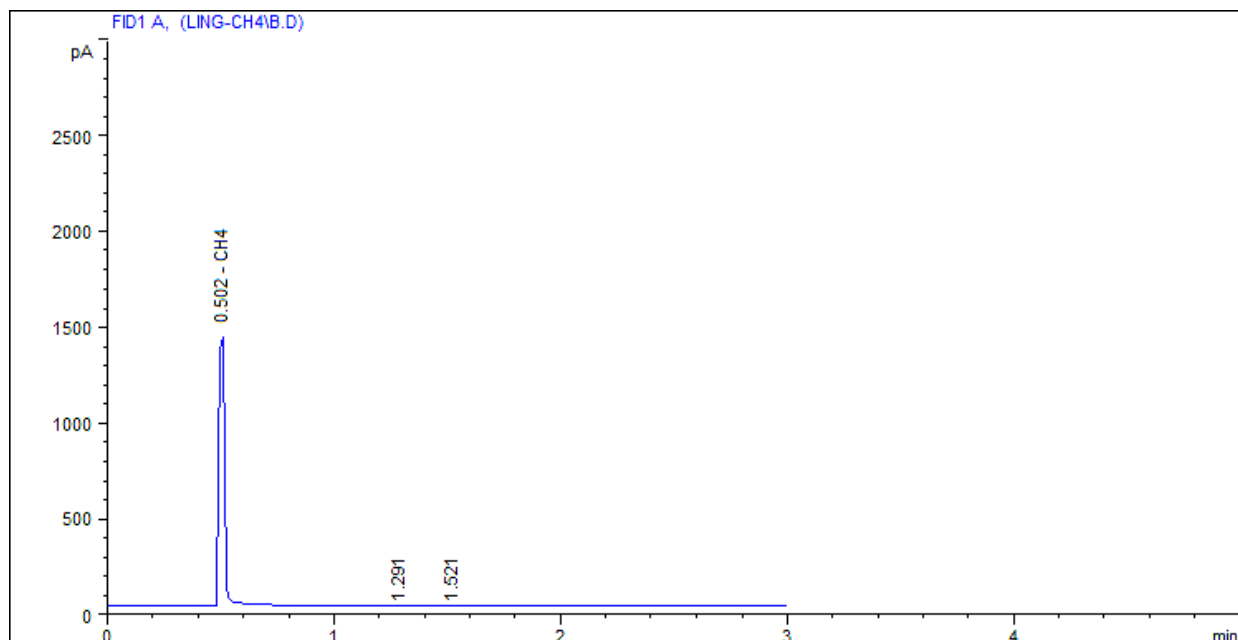
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.501	PB +	300.88562	1.38754	417.49083		CH4
Totals :				417.49083		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\W.D Sample Name: BALON-P(10)K90
Instrument 1 5/14/2016 2:15:22 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:07:00 AM
Sample Name      : BALON-P(10)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

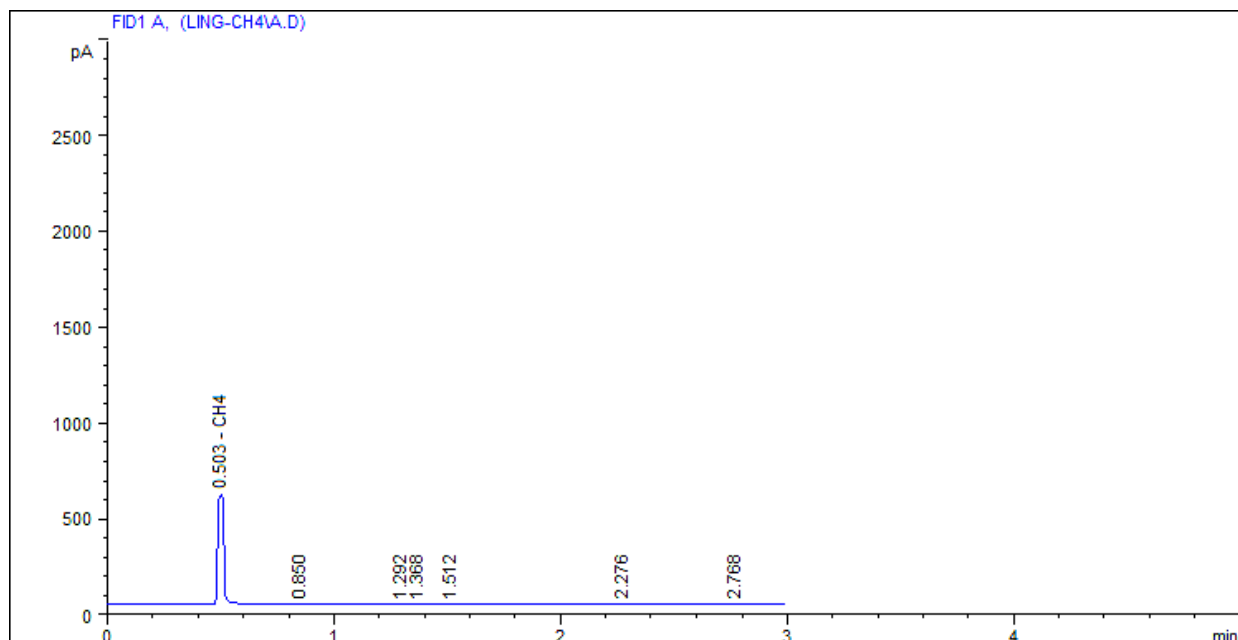
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	PB S+	2255.7959	1.4215	3206.61387		CH4
Totals :				3206.61387		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\Y.D Sample Name: BALON-P(10)K50
Instrument 1 5/14/2016 2:15:45 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:01:58 AM
Sample Name      : BALON-P(10)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume      : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:34:54 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:18:17 PM
                  (modified after loading)
=====
```

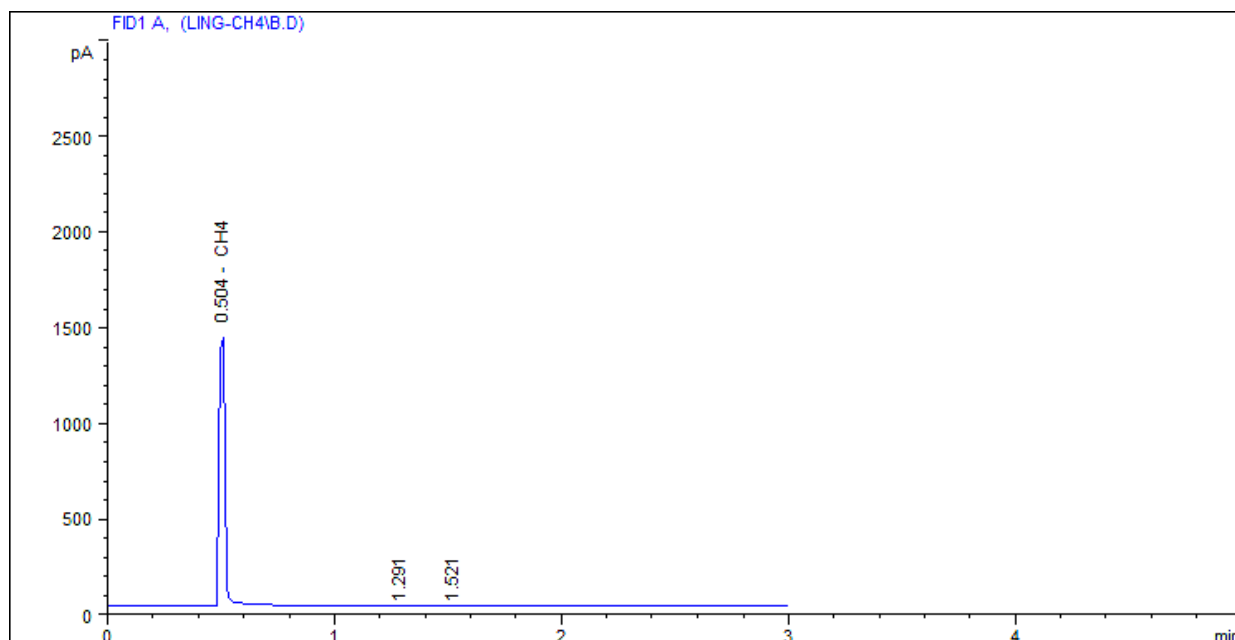
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:18:34 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	PB S+	946.74538	1.49426	1414.68375		CH4
Totals :				1414.68375		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\B.D Sample Name: BALON-T(10)K90
Instrument 1 5/14/2016 2:14:37 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 1:29:06 PM
Sample Name     : BALON-T(10)K90
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj            : 1
Inj Volume      : Manually
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 5/14/2016 1:20:19 PM
                  (modified after loading)
=====
```

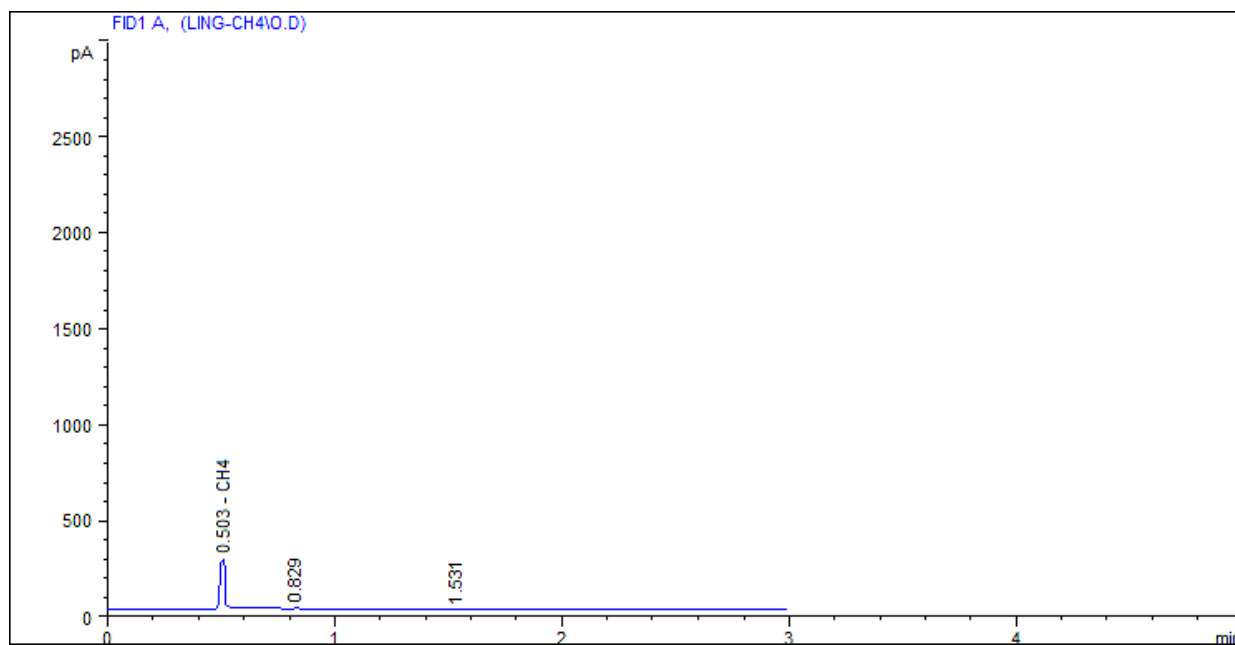
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:43 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.504	PB +	1447.31834	1.85695	2687.59779		CH4
Totals :				2687.59779		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\C.D Sample Name: BALON-T(30)K90U
Instrument 1 5/14/2016 2:14:42 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 1:39:24 PM
Sample Name      : BALON-T(30)K90U          Vial :    1
Acq. Operator    :                        Inj  :    1
                                           Inj Volume : Manually

Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed      : 5/14/2016 1:20:37 PM
                  (modified after loading)
=====
```

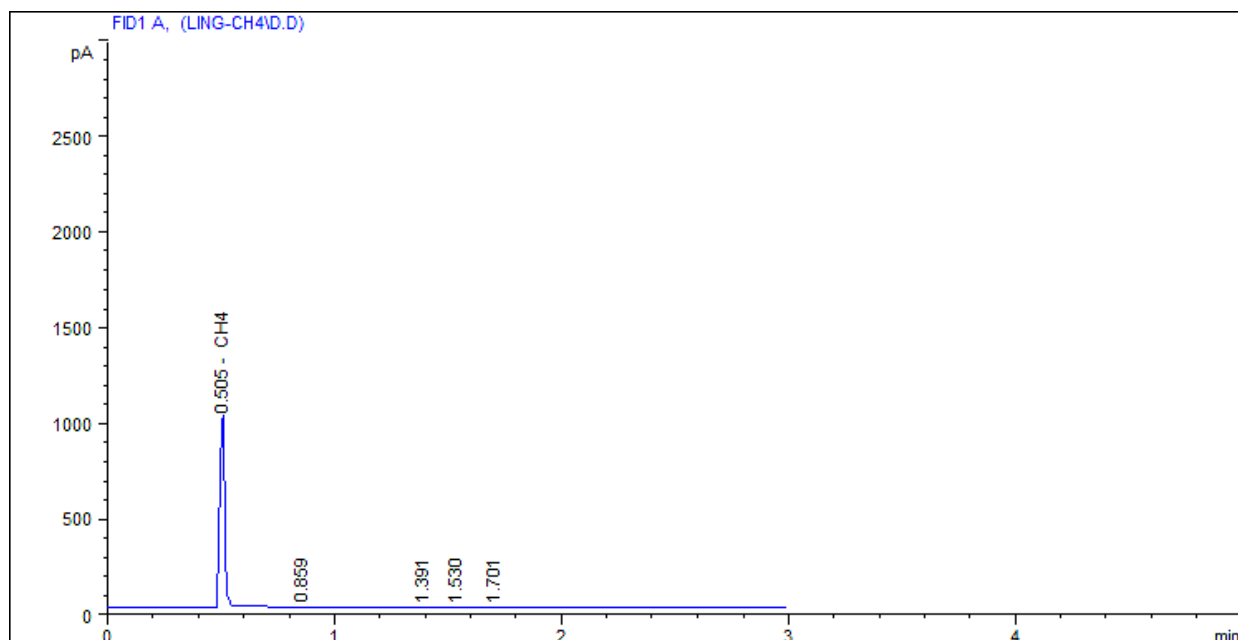
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:43 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	PV +	172.25189	1.59757	275.18445		CH4
Totals :				275.18445		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\D.D Sample Name: BALON-P(30)K70
Instrument 1 5/14/2016 2:14:51 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/13/2016 3:38:19 PM
Sample Name      : BALON-P(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 3:22:22 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:20:47 PM
                  (modified after loading)
=====
```

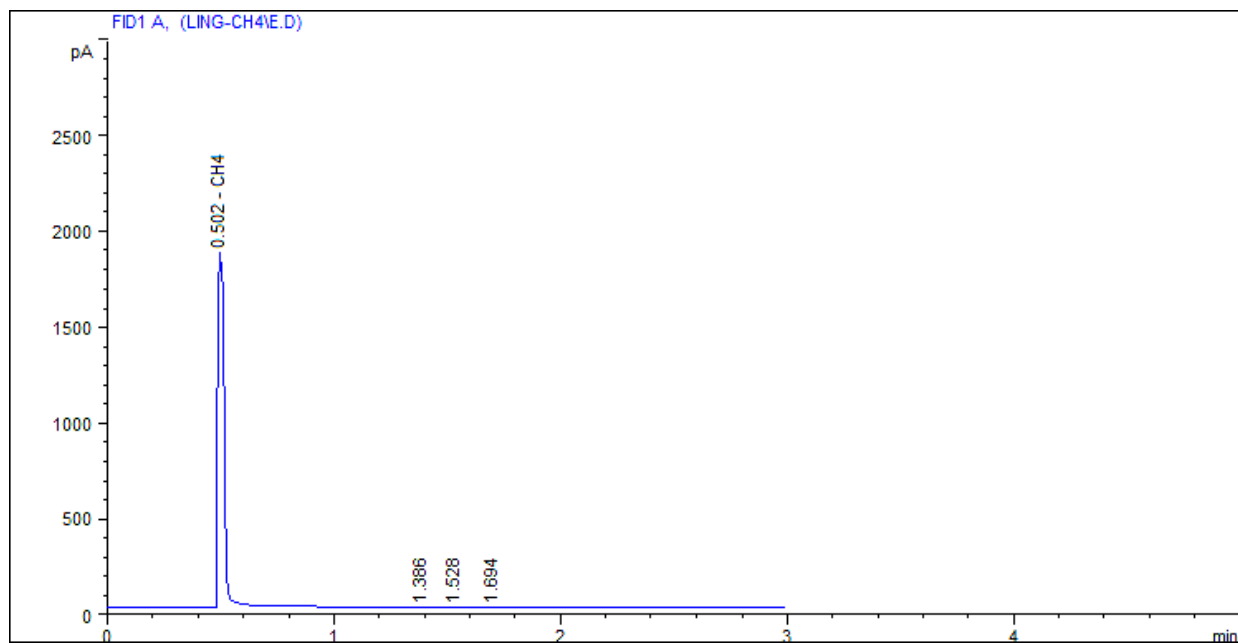
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:54 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.505	PV +	2256.0711	1.62475	3665.55157		CH4
Totals :				3665.55157		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\E.D Sample Name: BALON-T(10)K70
Instrument 1 5/14/2016 2:14:49 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/13/2016 4:07:34 PM
Sample Name      : BALON-T(10)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 3:22:27 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:20:16 PM
                  (modified after loading)
=====
```

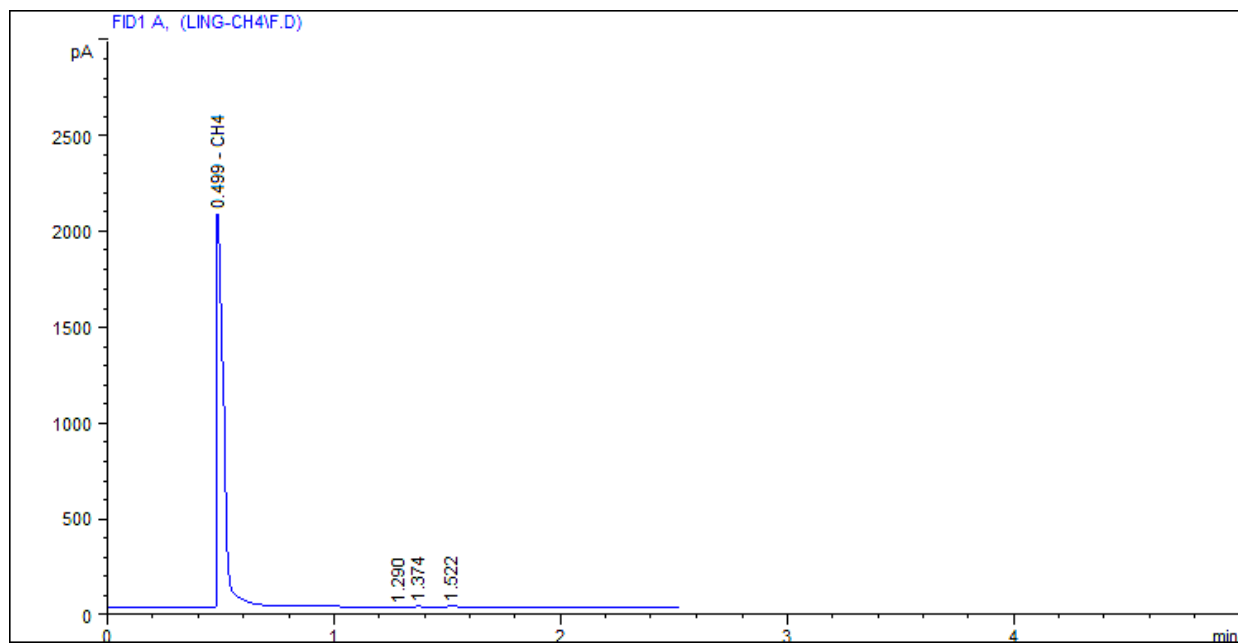
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:21:04 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	PB S+	2255,97742	1,49370	3369.75347		CH4
Totals :				3369.75347		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\F.D Sample Name: BALON-P(10)K70
Instrument 1 5/14/2016 2:14:59 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:20:18 AM
Sample Name      : BALON-P(10)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:36:45 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:20:07 PM
                  (modified after loading)
=====
```

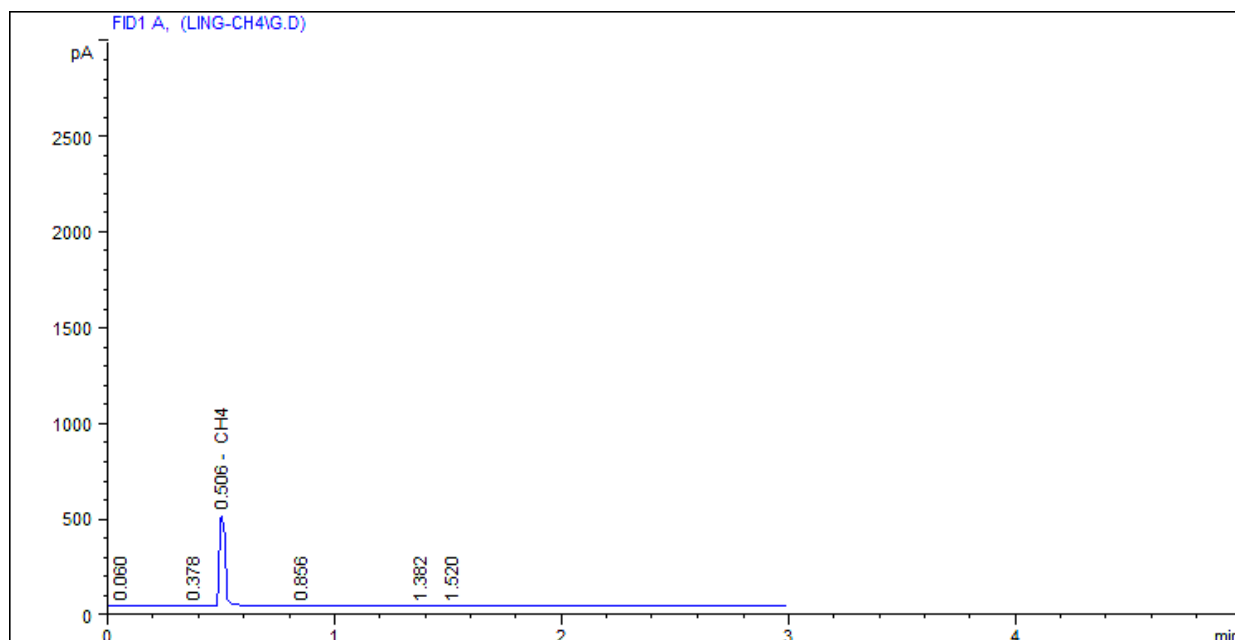
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:39 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.499	PB S+	3223.48314	1.46302	4716.02030		CH4
Totals :				4716.02030		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\G.D Sample Name: BALON-T(30)K50
Instrument 1 5/14/2016 2:14:55 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 1:32:26 PM
Sample Name      : BALON-T(30)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:20:50 PM
                  (modified after loading)
=====
```

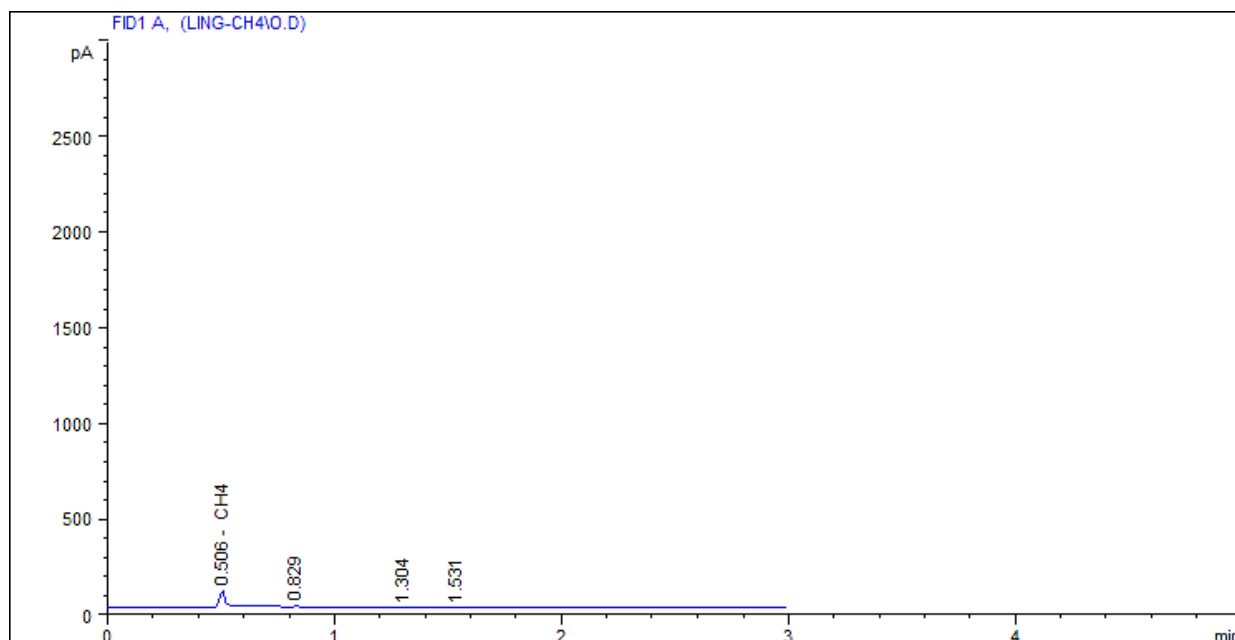
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:43 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	VV +	269.14432	1.41069	379.67920		CH4
Totals :				379.67920		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\O.D Sample Name: BALON-T(10)K50
Instrument 1 5/14/2016 2:16:16 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/13/2016 3:55:34 PM
Sample Name     : BALON-T(10)K50
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 5/13/2016 3:22:23 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 5/14/2016 1:20:16 PM
                  (modified after loading)
=====
```

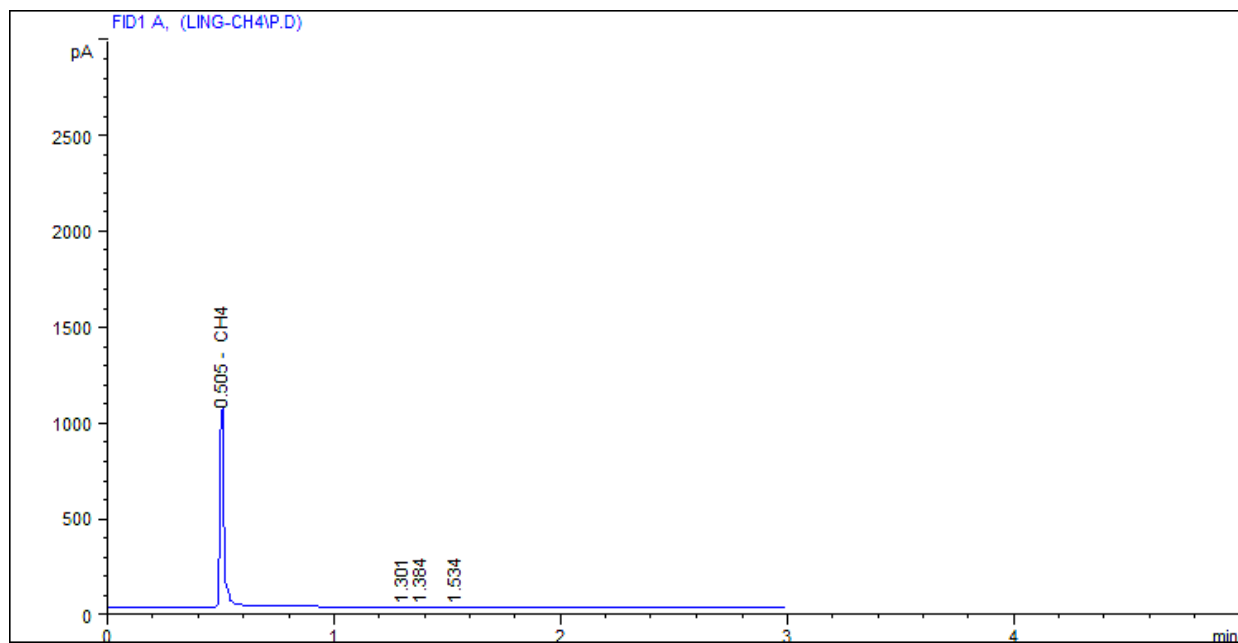
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:43 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.506	PV +	945.79651	1.62314	1535.16014		CH4
Totals :				1535.16014		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\P.D Sample Name: BALON-P(30)K50
Instrument 1 5/14/2016 2:16:35 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```

=====
Injection Date   : 5/13/2016 4:22:03 PM
Sample Name     : BALON-P(30)K50
Acq. Operator   :
Vial            : 1
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 5/13/2016 4:20:57 PM
                  (modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed    : 5/14/2016 1:20:47 PM
                  (modified after loading)
=====
  
```

External Standard Report (Sample Amount is 0!)

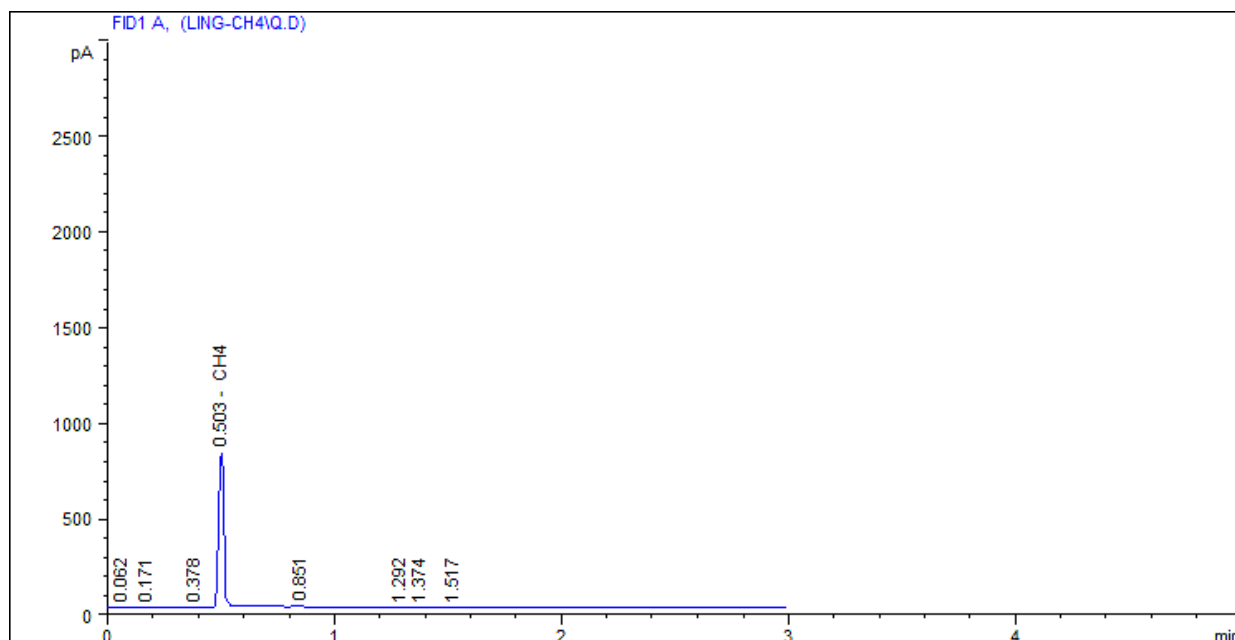
```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:43 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
  
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.505	PB +	1609.30622	1.62981	2622.86337		CH4
Totals :				2622.86337		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\Q.D Sample Name: BALON-P(30)K90
Instrument 1 5/14/2016 2:16:38 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:15:05 AM
Sample Name      : BALON-P(30)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:36:59 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:20:47 PM
                  (modified after loading)
=====
```

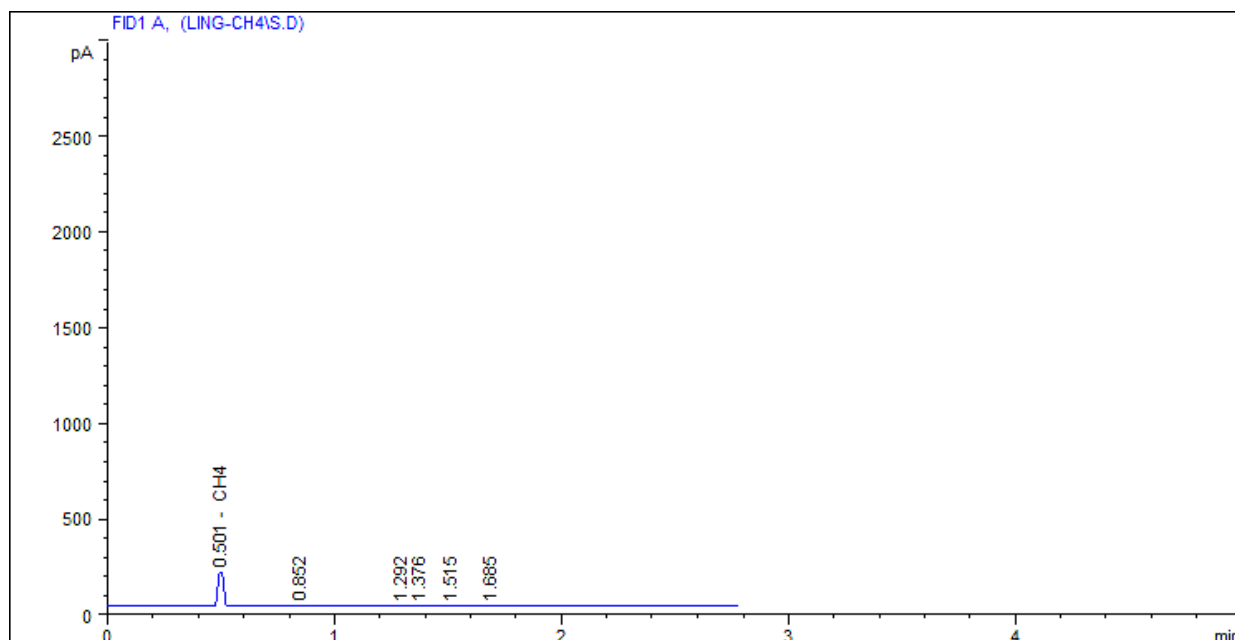
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:37 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	VV +	946.68378	1.77060	1676.19830		CH4
Totals :				1676.19830		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\S.D Sample Name: BALON-T(30)K70
Instrument 1 5/14/2016 2:16:59 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:30:39 AM
Sample Name      : BALON-T(30)K70
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:36:45 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:20:47 PM
                  (modified after loading)
=====
```

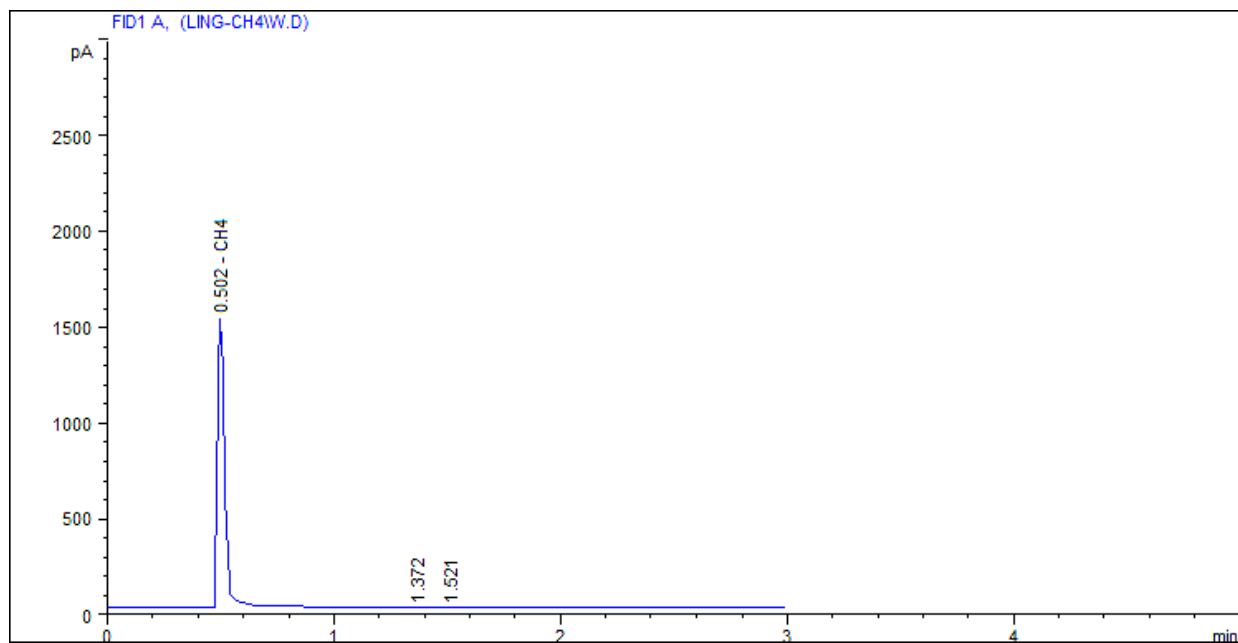
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:43 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.501	PB +	301.21108	1.65381	498.14590		CH4
Totals :				498.14590		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\W.D Sample Name: BALON-P(10)K90
Instrument 1 5/14/2016 2:17:56 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:08:59 AM
Sample Name      : BALON- P(10)K90
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:37:04 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:21:07 PM
                  (modified after loading)
=====
```

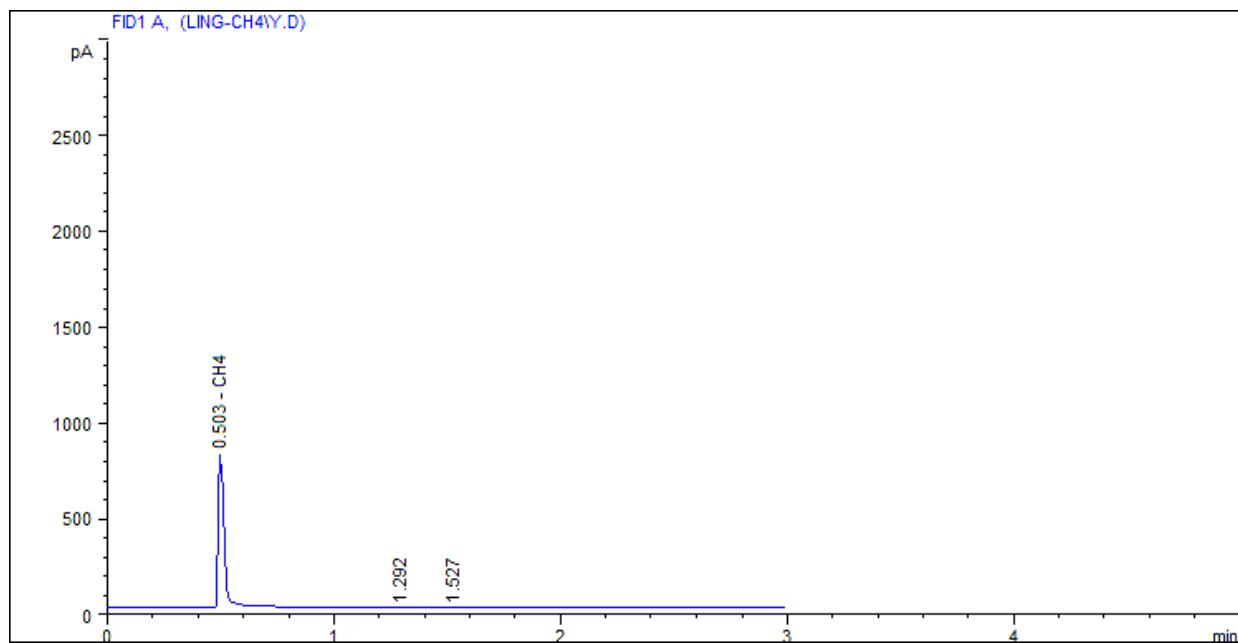
External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:37 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.502	PB S+	2256.13134	1.48548	3351.43798		CH4
Totals :				3351.43798		

*** End of Report ***



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LING-CH4\Y.D Sample Name: BALON-P(10)K50
Instrument 1 5/14/2016 2:17:47 PM

HP-PORAPLOT-Q04-100uL

```
=====
Injection Date   : 5/14/2016 11:03:59 AM
Sample Name      : BALON-P(10)K50
Acq. Operator    :
Vial             : 1
Inj              : 1
Inj Volume       : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/13/2016 4:36:45 PM
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\BTEX.M
Last changed     : 5/14/2016 1:21:07 PM
                  (modified after loading)
=====
```

External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 5/13/2016 4:20:43 PM
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [ppm]	Grp	Name
0.503	PB S+	947.00761	1.98564	1880.41619		CH4
Totals :				1880.41619		

*** End of Report ***

LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Perakitan Reaktor



2. Penghalusan Eceng Gondok



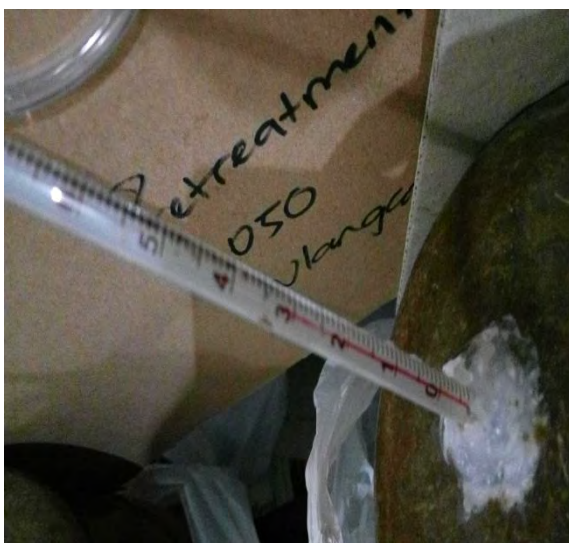
3. Pretreatment Eceng Gondok Menggunakan NaOH



4. Proses Digestasi Biogas



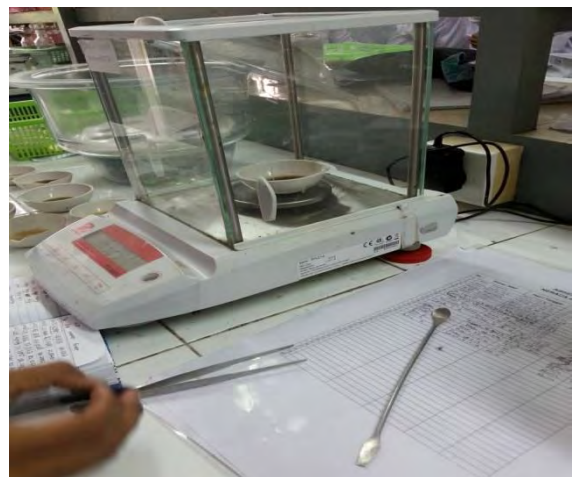
5. Pengukuran Suhu



6. Pengukuran pH



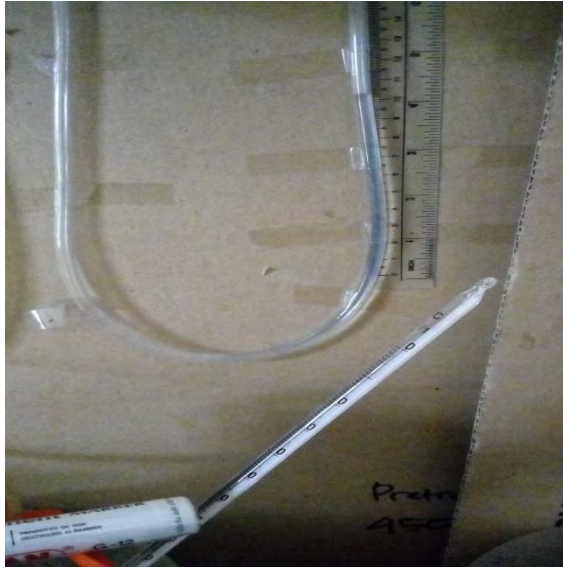
7. Pengukuran Total Solid dan Volatile Solid



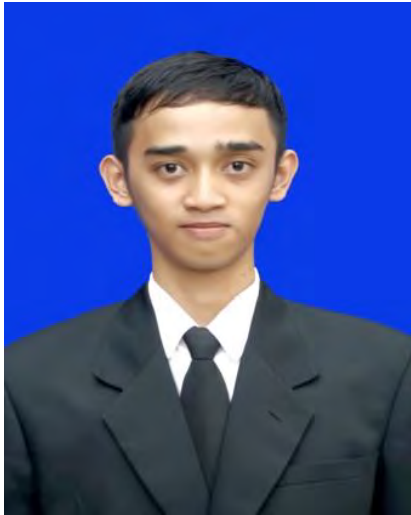
8. Pengukuran N Total



9. Pengukuran Volume Biogas



RIWAYAT HIDUP



MUHAMMAD ABRAR FIRDAUSY, penulis dilahirkan di Banjarmasin, 19 Januari 1991. Buah hati dari pasangan Bapak Muhammad Akhyar dan Ibu Fathul Jannah. Penulis merupakan anak pertama dari 3 (tiga) bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal, yaitu TK Sikatan Martapura, SDN Sungai Pering 1 Martapura, SMPN 1 Martapura dan SMAN 1 Martapura. Setelah lulus dari SMAN 1 Martapura pada tahun 2009, penulis mengikuti jalur SMPTN dan diterima di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru pada tahun 2009. Selepas menyelesaikan studi Program Sarjana (S1), penulis melanjutkan studi Program Pascasarjana (S2) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

"Dibalik kesuksesan dan keberhasilan yang telah saya dapatkan selama ini, tidak lepas dari doa orang tua yang terus mengalir untuk saya"